М. А. Новиков, Д. М. Драганов

АТЛАС ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ»

Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича)

М.А. Новиков, Д.М. Драганов

АТЛАС ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Мурманск
2021

УДК 551.468:550.4 (268.45)
Н 73

Новиков, М.А.

Н 73 Атлас загрязнения донных отложений Баренцева моря / М.А. Новиков, Д.М. Драганов; Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича). – Мурманск: ПИНРО им. Н.М. Книповича, 2021. – 183 с.

ISBN 978-5-86349-262-9

Атлас представляет собой собрание карт, отражающих распределение содержания ряда тяжелых металлов и органических загрязнителей в донных отложениях Баренцева моря. Представлены карты содержания 16 органических (ПХБ, ДДТ, ГХБ, ГХЦГ и др.) и неорганических (тяжелые металлы) загрязняющих веществ. Всего в атлас вошли 245 стандартных карт распределения содержания загрязняющих веществ на морской акватории с 2003 по 2018 г. включительно и 26 отдельных тематических карт. Последние включают в себя карты расположения станций по годам, интегрированные карты распределения загрязнения по акватории, карту гранулометрического состава Баренцева моря, содержания органического вещества, карты превышения фоновых уровней для тяжелых металлов и др. С помощью карт превышения фоновых уровней рассматривается проблема локализации техногенного загрязнения в донных отложениях Баренцева моря.

Атлас предназначен для океанологов, геохимиков, геоэкологов, а также специалистов широкого профиля, студентов и аспирантов, интересующихся проблемами загрязнения морских экосистем Арктики и Северной Атлантики.

Редакционная коллегия: А.Ю. Жилин, канд. хим. наук (ответственный редактор), Е.В. Сентябов, канд. геогр. наук, Е.А. Горбачева, канд. биол. наук

Novikov, M.A. Atlas of bottom sediments pollution in the Barents Sea / M.A. Novikov, D.M. Draganov; Polar Branch of «VNIRO» («PINRO» named after N.M. Knipovich). – Murmansk: PINRO named after N.M. Knipovich, 2021. – 183 p.

This Atlas comprises a collection of maps showing the distribution of some heavy metals and organic pollutants in the bottom sediments of the Barents Sea. The Atlas includes maps presenting the content of 16 organic (PCB, DDT, HCB, HCH etc.) and inorganic (heavy metals) pollutants. In total, this Atlas provides 245 standard maps of the distribution of pollutant content in marine areas from 2003 to 2018 inclusive, as well as 26 selected thematic maps. The latter ones are maps showing the position of stations in different years, integrated maps of the pollutant distribution in water areas, a map of the granulometric composition of the Barents Sea, organic matter content, maps of excessive background levels for heavy metals, etc. The maps of excessive background levels were used to consider the issue related to the containment of technogenic pollution in the Barents Sea bottom sediments.

The Atlas is intended to be used by ocean scientists, geochemist, environmental experts, as well as multi-skilled specialist, students and post-graduate students who are concerned about pollution of marine ecosystems in the Arctic and North Atlantic.

Editorial board: A.Y. Zhilin, E.V. Sentyabov, E.A. Gorbacheva

ISBN 978-5-86349-262-9

© Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), 2021.

СОДЕРЖАНИЕ

Об атласе…… 4
Расположение станций отбора проб…… 6
Загрязняющие вещества в донных отложениях …… 15
Кадмий…… 15
Хром……. 22
Медь…… 31
Ртуть…… 40
Никель…… 49
Свинец…… 58
Цинк…… 67
Кобальт…… 76
ПАУ…… 85
Бенз(*а*)пирен…… 93
н-парафины…… 101
ДДТ…… 109
ГХБ…… 118
ГХЦГ…… 127
Хлорданы…… 136
ПХБ…… 145
Справочные карты…… 154
Батиметрическая карта……154
Водные массы Баренцева моря……156
Гранулометрический состав донных отложений……158
Содержание органического углерода…… 160
Специальные карты…… 162
Интегрированные карты содержания поллютантов…… 162
Карты превышения фоновых уровней тяжелых металлов…… 171
Антропогенный мусор на морском дне…… 174
Список использованной литературы…… 176
Благодарности…… 182

ОБ АТЛАСЕ

Настоящий атлас представляет собой собрание карт, отражающих распределение концентраций ряда тяжелых металлов и органических загрязнителей в донных отложениях Баренцева моря. Атлас составлен на основе базы данных Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), включающей в себя обработанные пробы донных отложений, собранные в морских экспедициях с 2003 по 2008 г. включительно. Представленный атлас выполнен по подобию «Атласа загрязнения водных масс Баренцева моря», изданного в Полярном филиале в 2020 г. (Драганов, Новиков, 2020).

Материалом для исследований служили пробы поверхностного (0-2 см) слоя донных отложений, отобранные сотрудниками института в морских экспедициях по исследованию состояния водных биоресурсов и среды их обитания. Для отбора проб донных отложений использовали дночерпатель ван Вина с площадью захвата не менее 0,1 м^2. Каждую пробу сырого осадка помещали в отдельные герметичные полиэтиленовые пакеты по 1 кг. Воздух из пакетов удаляли, после чего пробу подвергали заморозке при температуре −20 °С и хранили в темноте. В таком виде пробы доставляли в лабораторию химико-аналитических исследований центра экологического мониторинга Полярного филиала, где выполнялся их количественный химический анализ. Нулевые значения на аналитических картах означают, что содержание определяемого вещества в пробе донных отложений было ниже предела обнаружения примененного метода анализа. Подробную информацию о примененных методах анализа проб донных осадков можно получить из опубликованных ранее работ (Жилин, Плотицына, 2009; Новиков, Жилин, 2016; Лаптева, Плотицына, 2017; Новиков, 2021).

В атлас вошли данные химико-аналитических исследований проб донных отложений, отобранных на 631 станции во время 32 рейсов научно-исследовательских судов. Число исследованных проб донных отложений было больше, чем станций, так как на ряде станций, например, на разрезе «Кольский меридиан» пробы отбирали по два раза в год.

Всего в настоящий атлас вошли 245 аналитических (стандартных) карт распределения содержания загрязняющих веществ в донных отложениях Баренцева моря по годам и 26 отдельных тематических карт, включающих в себя: расположение станций отбора проб по годам, интегрированные картограммы содержания поллютантов в донных отложениях, карты распределения концентраций, превышающих фоновые уровни, карту гранулометрического состава осадков Баренцева моря, содержания органического вещества и др. Представлены типовые аналитические карты загрязнения донных отложений 16 органическими и неорганическими загрязняющими веществами – поллютантами. Восемь их них являются тяжелыми металлами (Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), остальные представляют собой группу приоритетных токсичных и потенциально опасных для гидробионтов органических соединений: гексахлорциклогексаны, гексахлорбензол, ДДТ, полихлорбифенилы, полициклические ароматические углеводороды, нефтяные алифатические углеводороды, или *н*-парафины, хлорданы, а также бенз(*а*)пирен.

Исходные карты электронного атласа выполнялись в среде настольного ГИС-приложения ArcMap 10 из пакета ArcGIS компании ESRI. В качестве топографической основы атласа использовалась глобальная цифровая модель рельефа – Etopo2

(URL: http://gis-lab.info/qa/etopo2.html), представленная привязанным растровым слоем в формате TIFF. Данная модель находится в открытом доступе и создана на основе нескольких источников. Для топографии суши использовались данные GLOBE – Global Land One-kilometer Base Elevation (разрешение 30 угловых секунд, 1 км), для батиметрии – определенным образом обработанные данные радарной альтиметрической съемки 1978 г., совмещенные с информацией о гравитационных аномалиях для получения глубин. При создании атласа была выбрана равнопромежуточная коническая проекция, которая хорошо подходит для картографирования географических объектов, расположенных в высоких широтах. Она основана на двух стандартных параллелях 70 и 80° с.ш. и центральном меридиане 45° в.д.

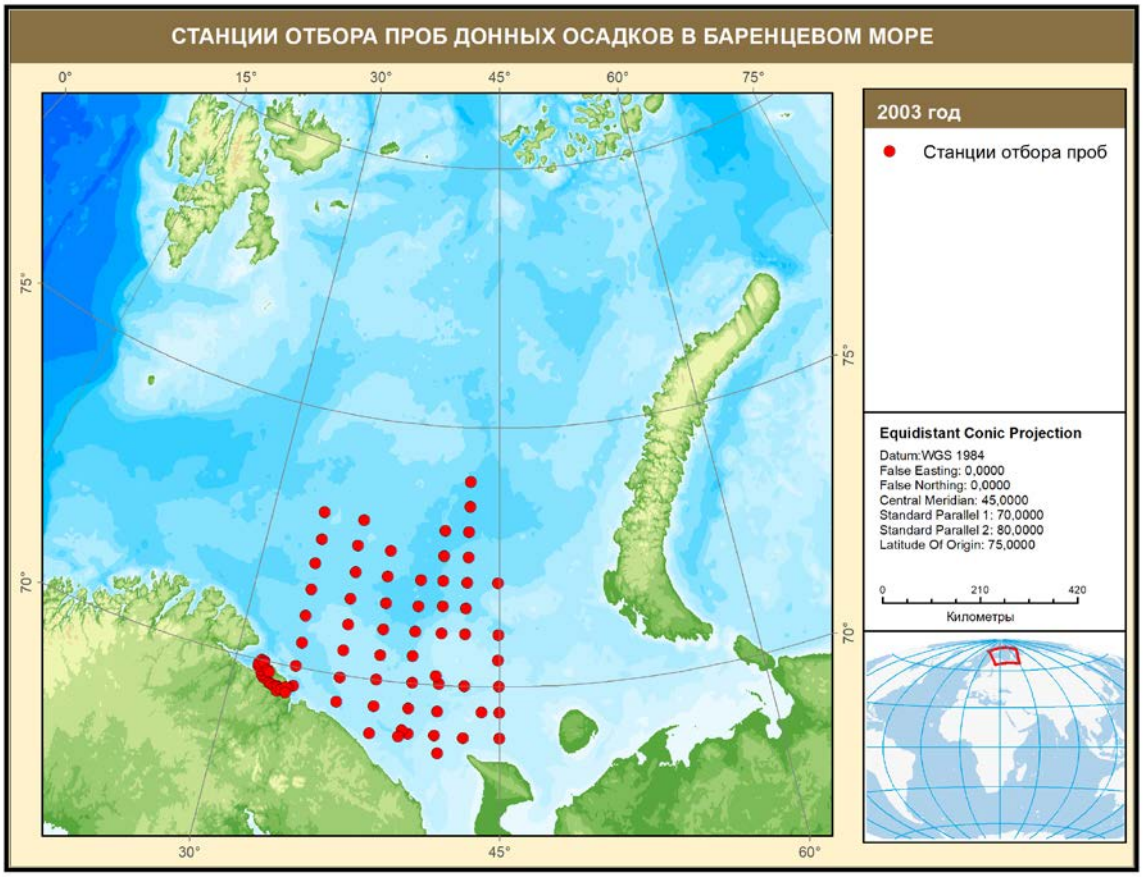
В основном окне типовой карты атласа представлено распределение содержания загрязняющих веществ в донных отложениях Баренцева моря. Каждая такая карта демонстрирует уровень содержания какого-либо одного вещества. Для представления количественной информации выбран метод градуированных символов. При классификации числовых данных стандартных цифровых карт (содержание поллютантов) использовался «встроенный» в приложение ArcMap 10.0 метод естественных границ, где границы классов определяются таким образом, чтобы сгруппировать схожие значения и максимально увеличить различия между классами. Данная классификация опирается на алгоритм естественных границ Дженкса (Jenks' Natural Breaks algorithm). Каждый картографируемый элемент или загрязняющее вещество (поллютант) в атласе обозначены своим цветом. Для отображения тяжелых металлов применялась цветовая схема, используемая молекулярным визуализатором Jmol (URL: http://jmol.sourceforge.net/), для органических соединений цвета выбирались произвольно.

При написании текстовых частей атласа, имеющих справочный характер, и пояснительных записок использовалась научная литература. Список использованных источников приводится в конце атласа.

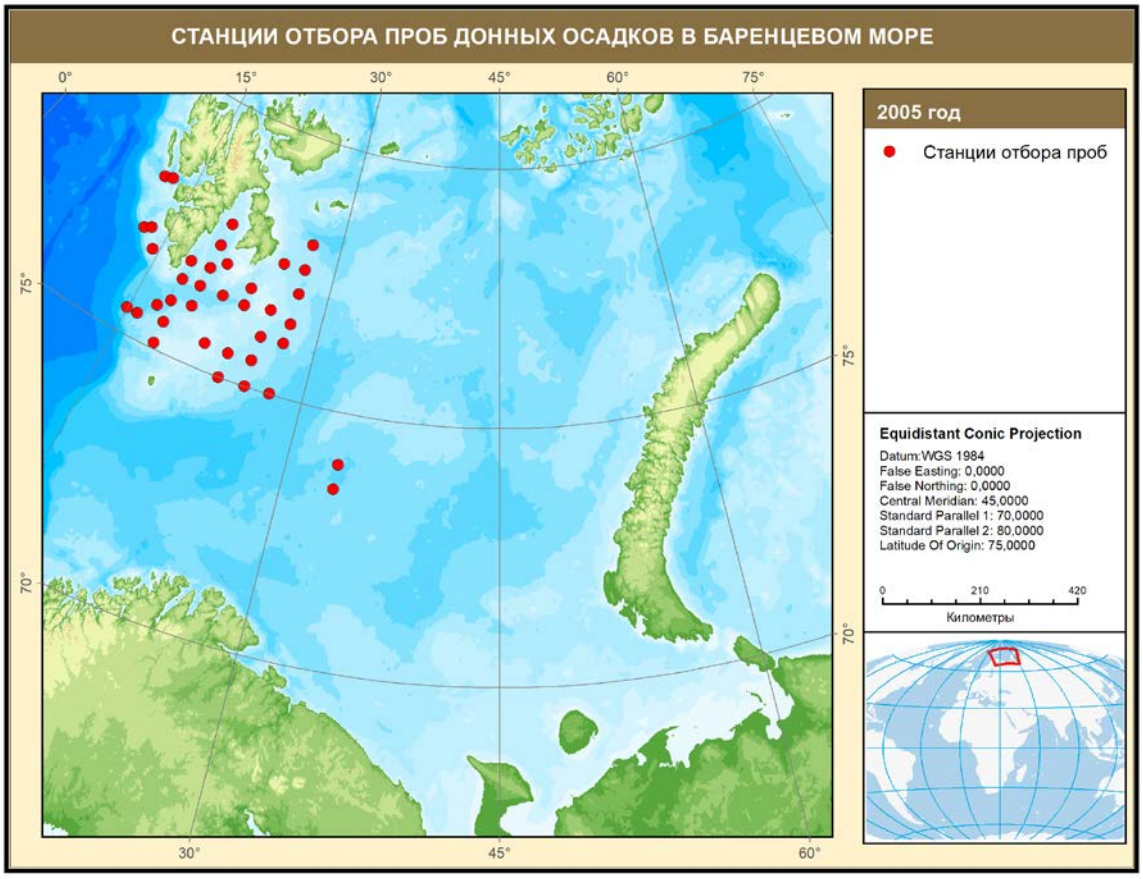
РАСПОЛОЖЕНИЕ СТАНЦИЙ ОТБОРА ПРОБ

В ходе 32 рейсов научно-исследовательских судов (НИС) с 2003 по 2018 г. в разные сезоны года, преимущественно в феврале-марте и июле-августе, была выполнена 631 станция отбора проб донных отложений, сведения о которых представлены в настоящем атласе. Среди станций 9 были сделаны в Белом море: 7 в Воронке, 2 в Кандалакшском заливе. Морские экспедиции осуществлялись на НИС ПИНРО: «Смоленск», «Фритьоф Нансен», «Вильнюс», «Профессор Бойко» и «Протей». Выполненные станции представлены по годам проведения морских экспедиций.

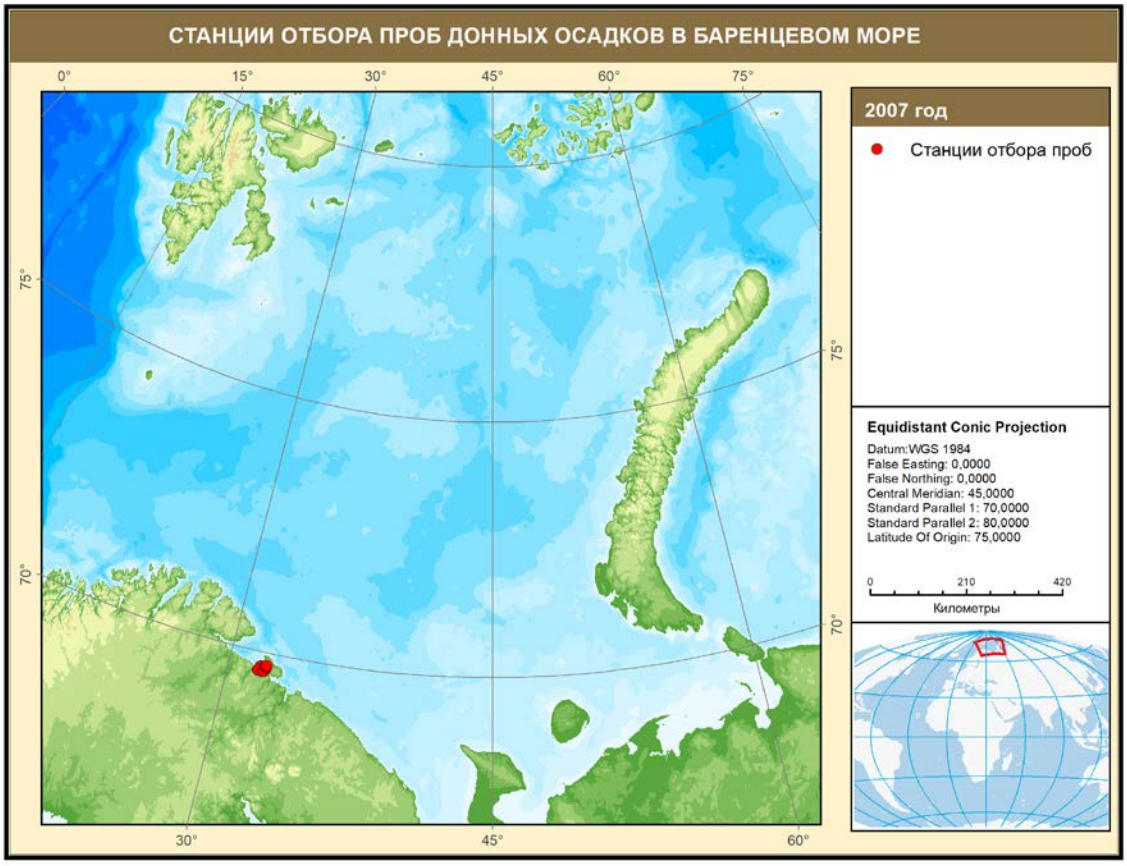
Ниже приводятся карты расположения станций отбора проб в 2003-2018 гг.

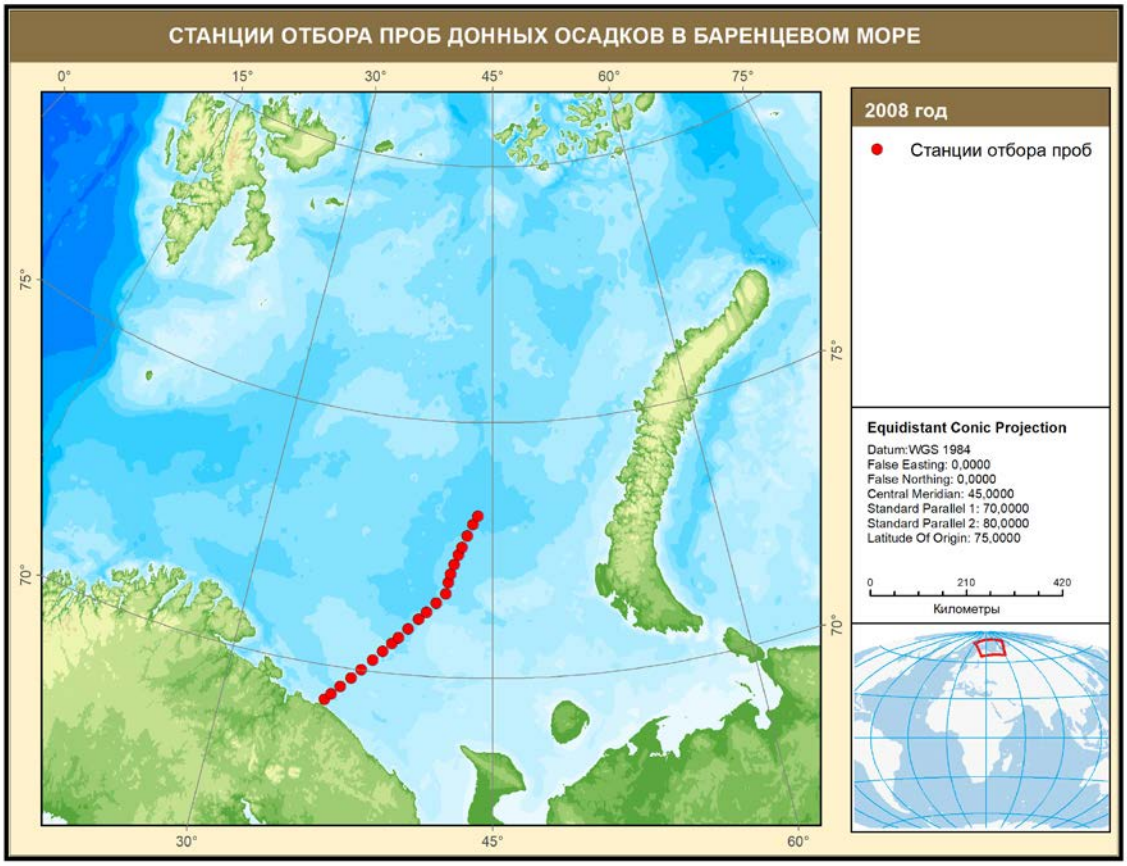

СТАНЦИИ ОТБОРА ПРОБ ДОННЫХ ОСАДКОВ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2003 год
Станции отбора проб
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

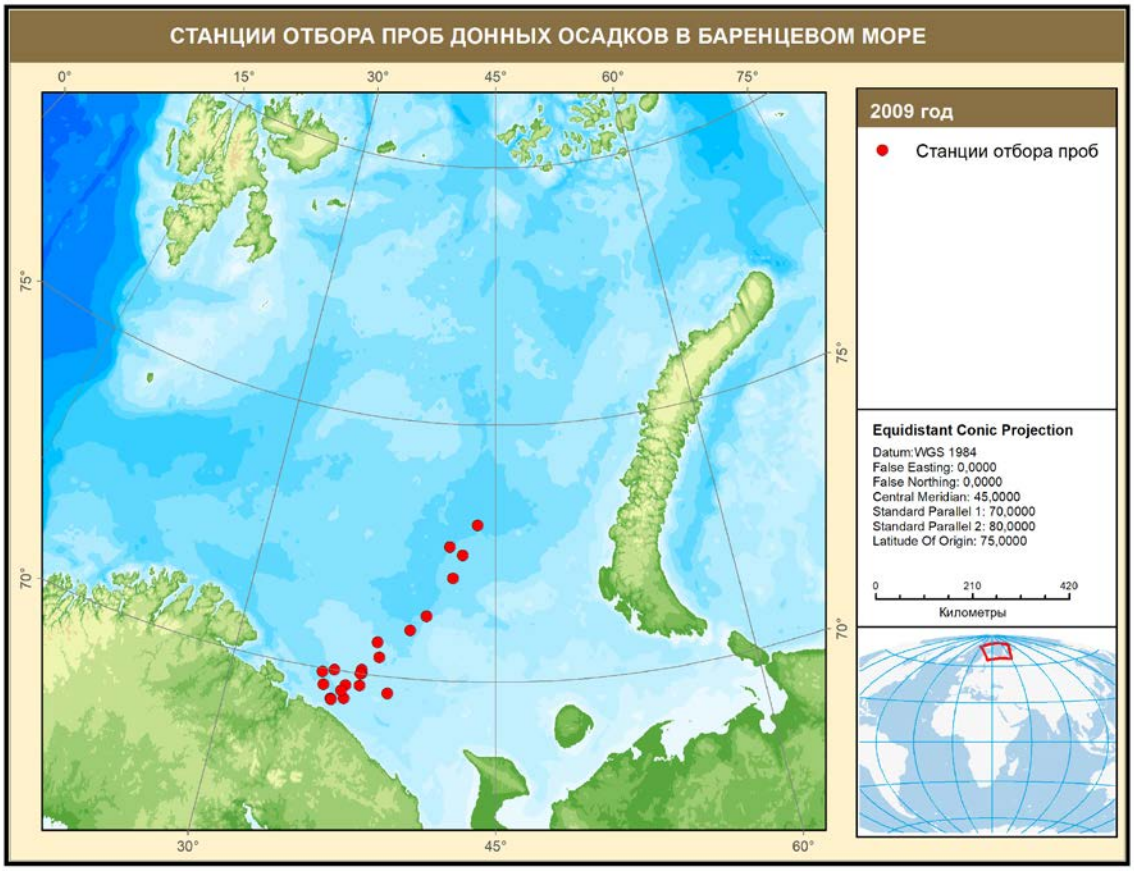
СТАНЦИИ ОТБОРА ПРОБ ДОННЫХ ОСАДКОВ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2004 год
Станции отбора проб
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


СТАНЦИИ ОТБОРА ПРОБ ДОННЫХ ОСАДКОВ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2005 год
Станции отбора проб
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

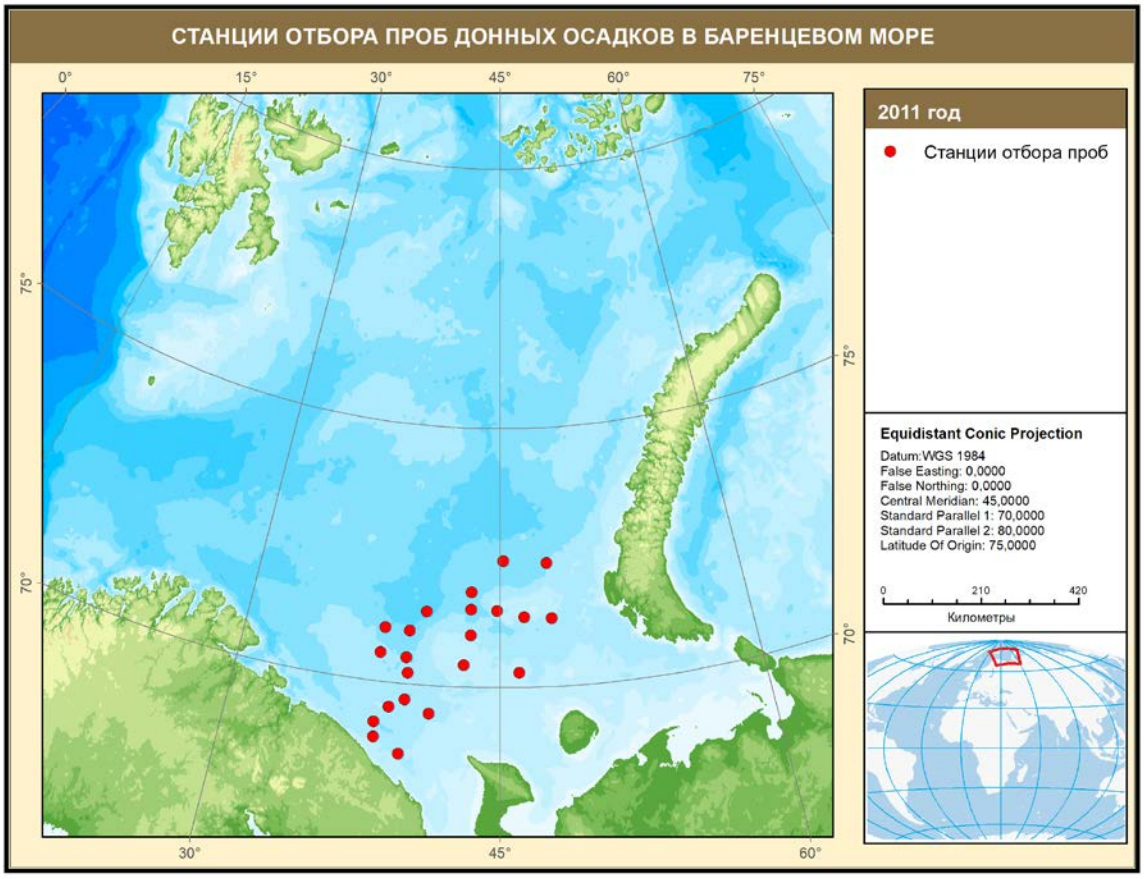
СТАНЦИИ ОТБОРА ПРОБ ДОННЫХ ОСАДКОВ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2006 год
Станции отбора проб
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


СТАНЦИИ ОТБОРА ПРОБ ДОННЫХ ОСАДКОВ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2007 год
Станции отбора проб
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

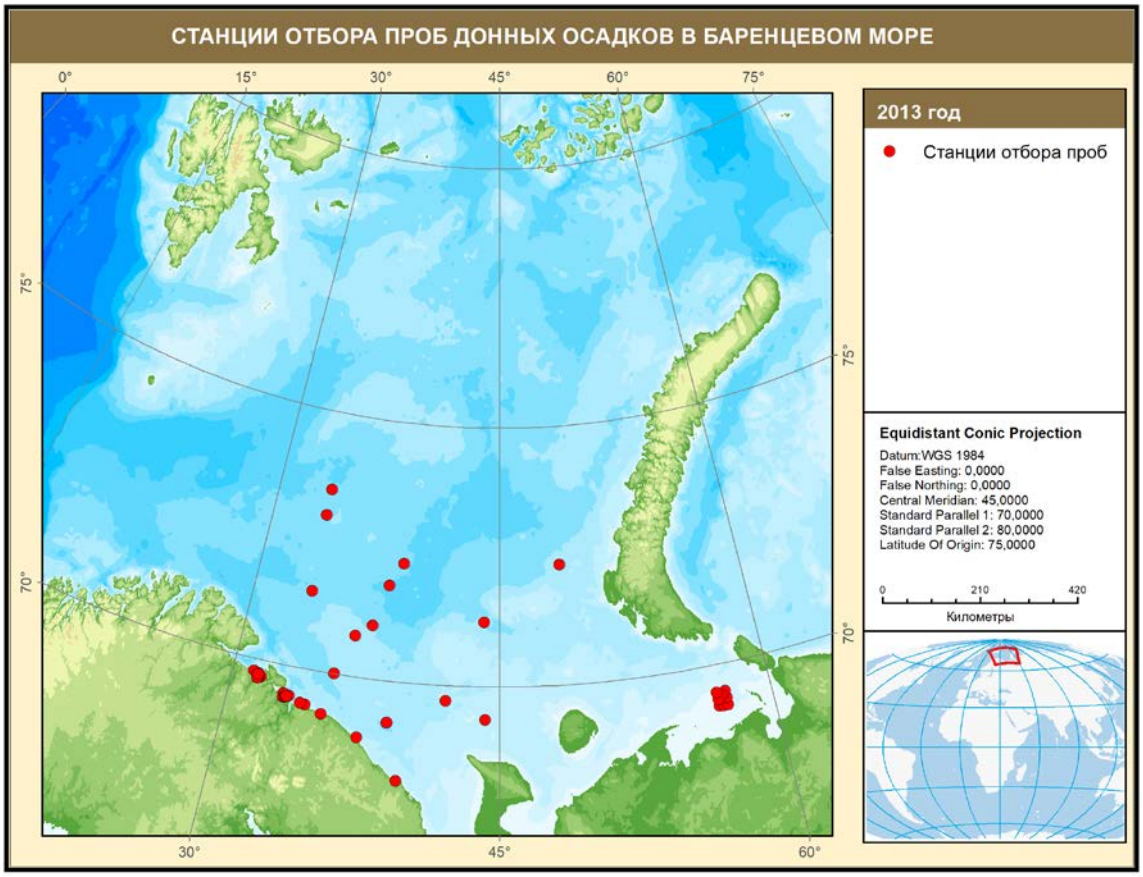

СТАНЦИИ ОТБОРА ПРОБ ДОННЫХ ОСАДКОВ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2008 год
Станции отбора проб
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

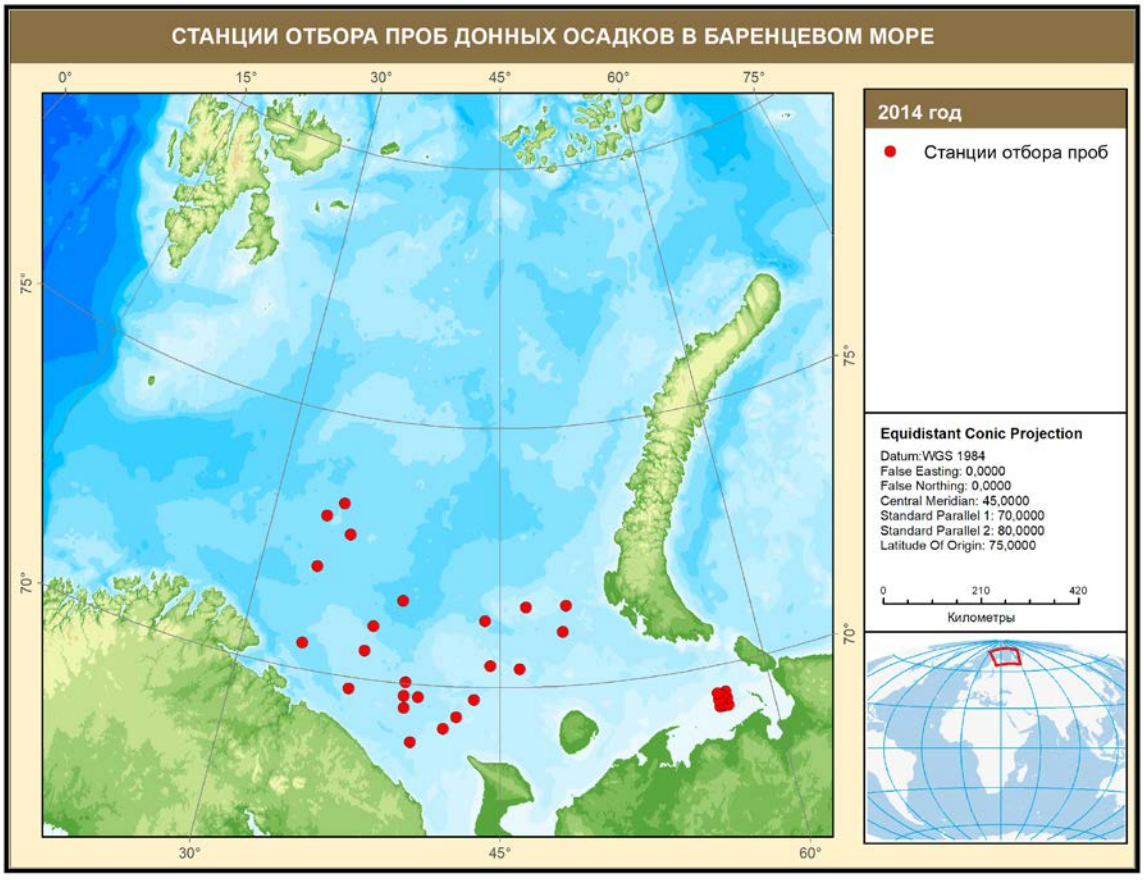

СТАНЦИИ ОТБОРА ПРОБ ДОННЫХ ОСАДКОВ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2009 год
Станции отбора проб
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

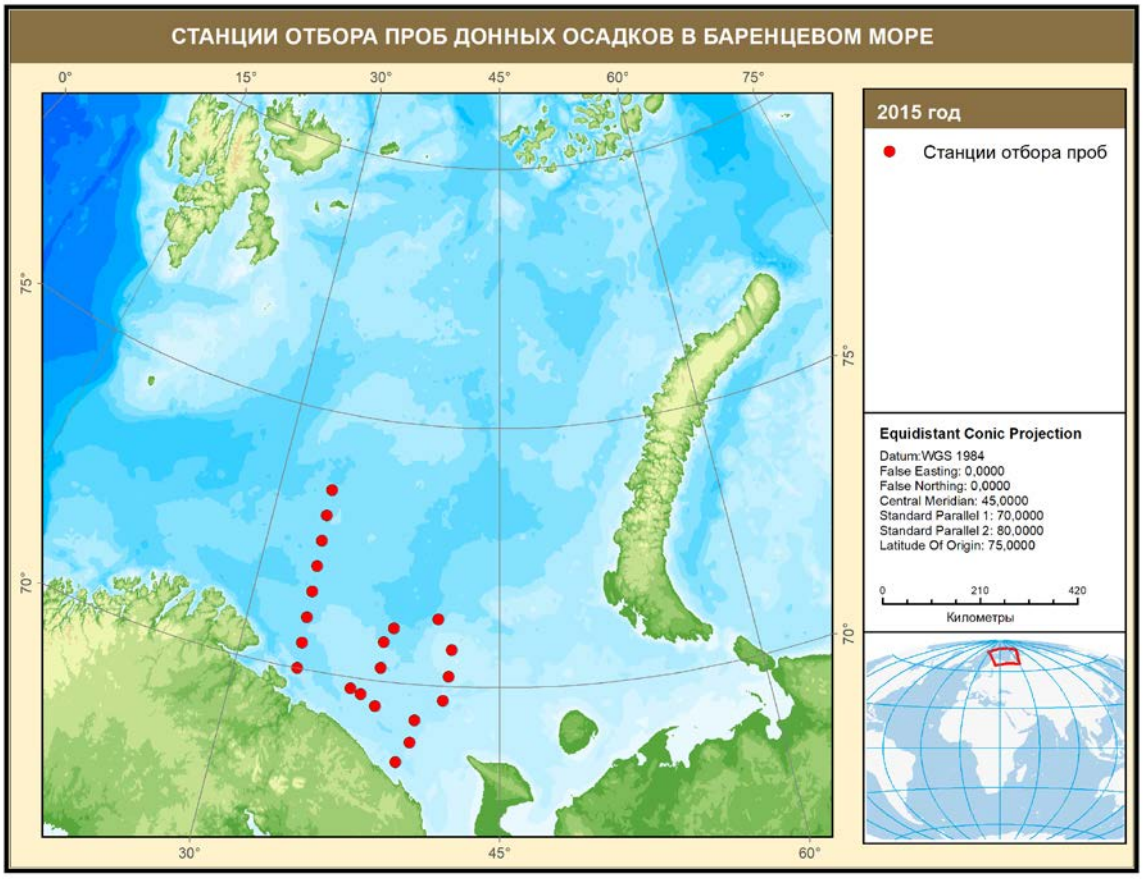
СТАНЦИИ ОТБОРА ПРОБ ДОННЫХ ОСАДКОВ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2010 год
Станции отбора проб
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


СТАНЦИИ ОТБОРА ПРОБ ДОННЫХ ОСАДКОВ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2011 год
Станции отбора проб
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

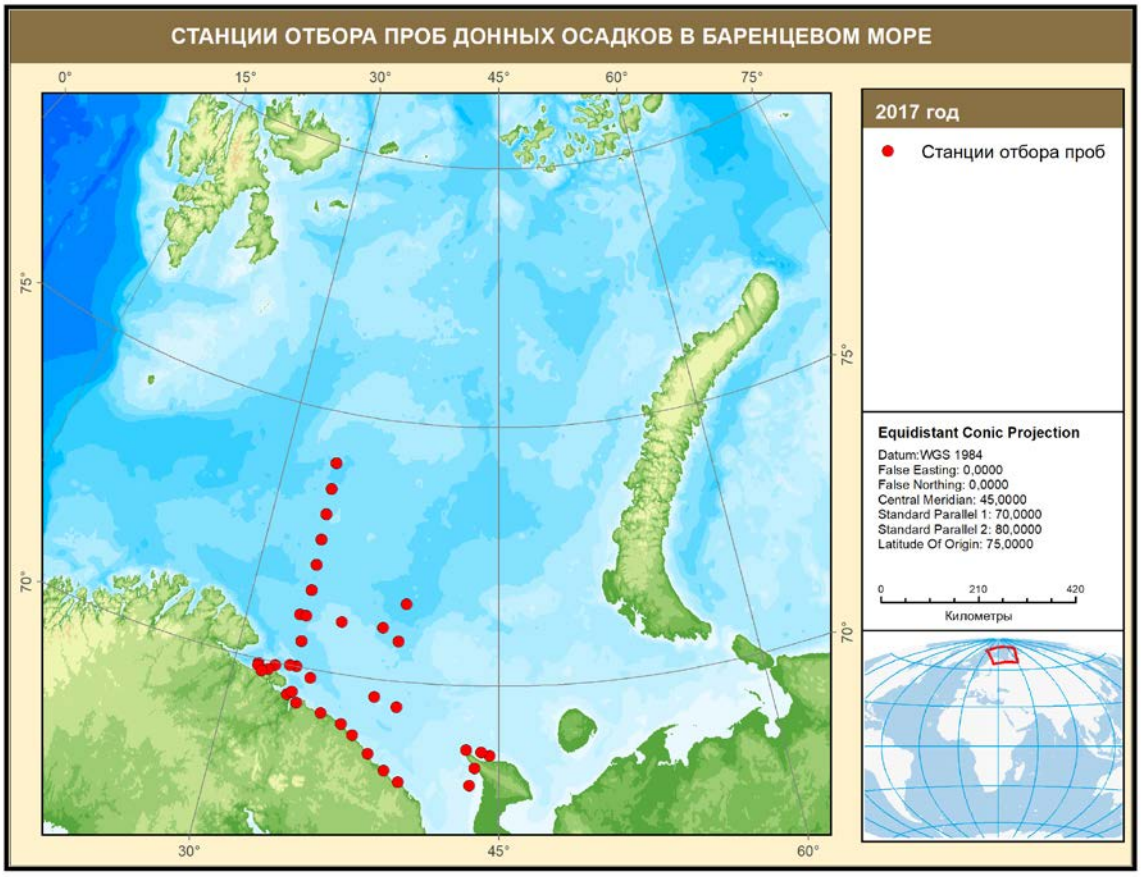
СТАНЦИИ ОТБОРА ПРОБ ДОННЫХ ОСАДКОВ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2012 год
Станции отбора проб
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


СТАНЦИИ ОТБОРА ПРОБ ДОННЫХ ОСАДКОВ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2013 год
Станции отбора проб
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


СТАНЦИИ ОТБОРА ПРОБ ДОННЫХ ОСАДКОВ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2014 год
Станции отбора проб
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


СТАНЦИИ ОТБОРА ПРОБ ДОННЫХ ОСАДКОВ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2015 год
Станции отбора проб
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

СТАНЦИИ ОТБОРА ПРОБ ДОННЫХ ОСАДКОВ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2016 год
Станции отбора проб
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


СТАНЦИИ ОТБОРА ПРОБ ДОННЫХ ОСАДКОВ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2017 год
Станции отбора проб
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

СТАНЦИИ ОТБОРА ПРОБ ДОННЫХ ОСАДКОВ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2018 год
Станции отбора проб
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Кадмий

Кадмий относится к редким элементам и практически не встречается в земной коре в свободном состоянии (Чибисова, Долгань, 1998). Он присутствует в природе в составе цинк- и свинецсодержащих руд. Одним из источников соединений кадмия в поверхностных водах являются процессы выщелачивания из полиметаллических и медных руд, а также из почв (Войнар, 1953; Резников, Муликовская, Соколов, 1970). К основным антропогенным источникам поступления кадмия в морские воды относятся горнорудные (горно-обогатительные) и металлургические предприятия, а также сточные воды. Для кадмия важнейшим источником эмиссии является цветная металлургия, объем выбросов которой в 1,5 раза превышает природную эмиссию этого металла. В больших количествах содержится кадмий в фосфатных удобрениях (Руководство по химическому..., 1977; Диагностический анализ состояния…, 2011).

В последнее время увеличивается использование органических соединений кадмия, в основном в полимерной и электротехнической промышленности. Кадмий содержится в мазуте и дизельном топливе, сплавах (в качестве присадки), гальванических покрытиях, кадмиевых пигментах (используемых в производстве лаков, эмалей, керамики), пластмассах (как стабилизатор), электрических батарейках и т.д. В результате сжигания отходов пластмасс и промышленных производств кадмий попадает в воздух.

Глобальное годовое поступление из природных источников составляет примерно 8,43×105 кг – это жизнедеятельность растений, ветровой разнос почв, вулканические аэрозоли и лесные пожары. Годовое поступление в атмосферу вследствие работы промышленности оценивается в $7{,}9\times10^{6}$ кг, из них 76 % приходится на цветную металлургию, остальное – случайные выбросы (Мур, Рамамурти, 1987).

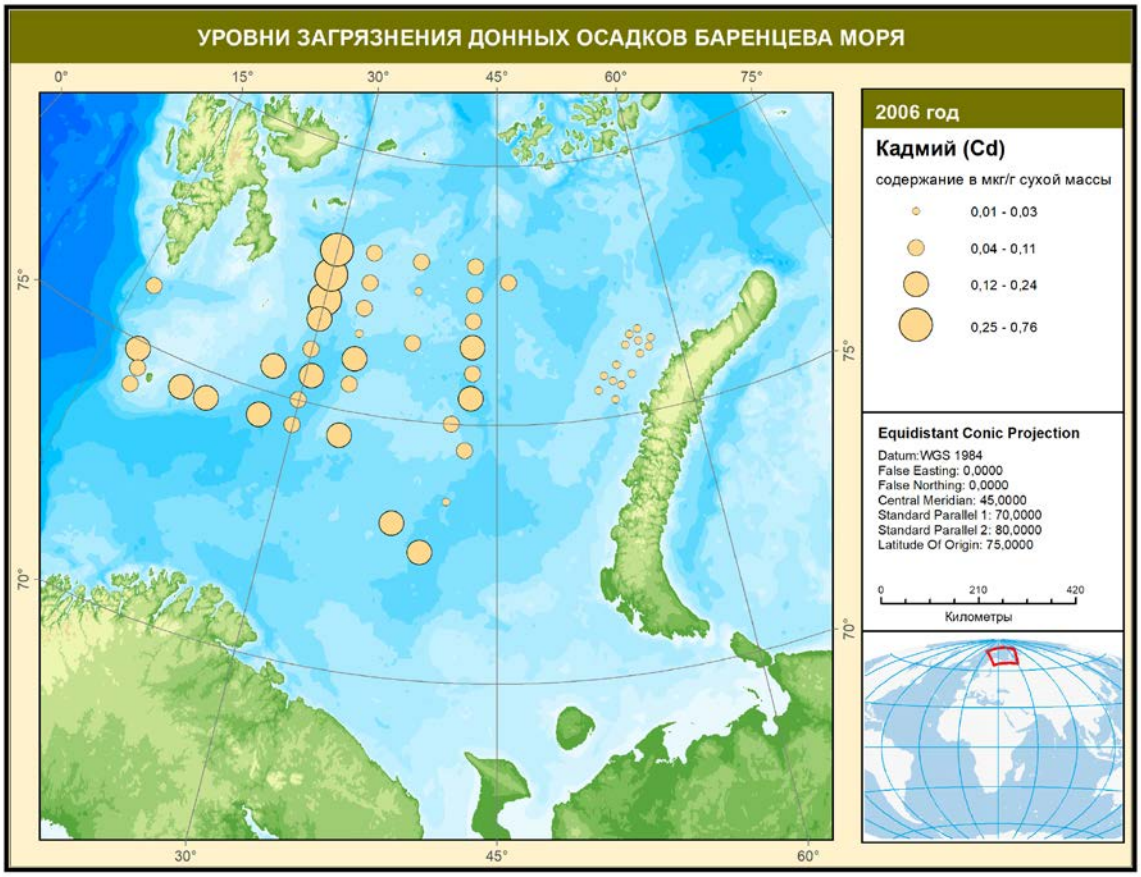
Кларк Cd в земной коре составляет $0{,}11\times10^{-4}$ % (Эмсли, 1993), почве – 5×10^{-5}, золе растений – 1×10^{-6} % (Виноградов, 1962).

Кадмий присутствует в природных водах преимущественно в элементарной форме, имеют место также неорганические соединения с CO_3 и PO_4. Во взвеси кадмий преобладает в сорбированном комплексе, который часто десорбируется с поверхности взвеси при смешении речных и морских вод (в зонах эстуариев) (Диагностический анализ состояния…, 2011).

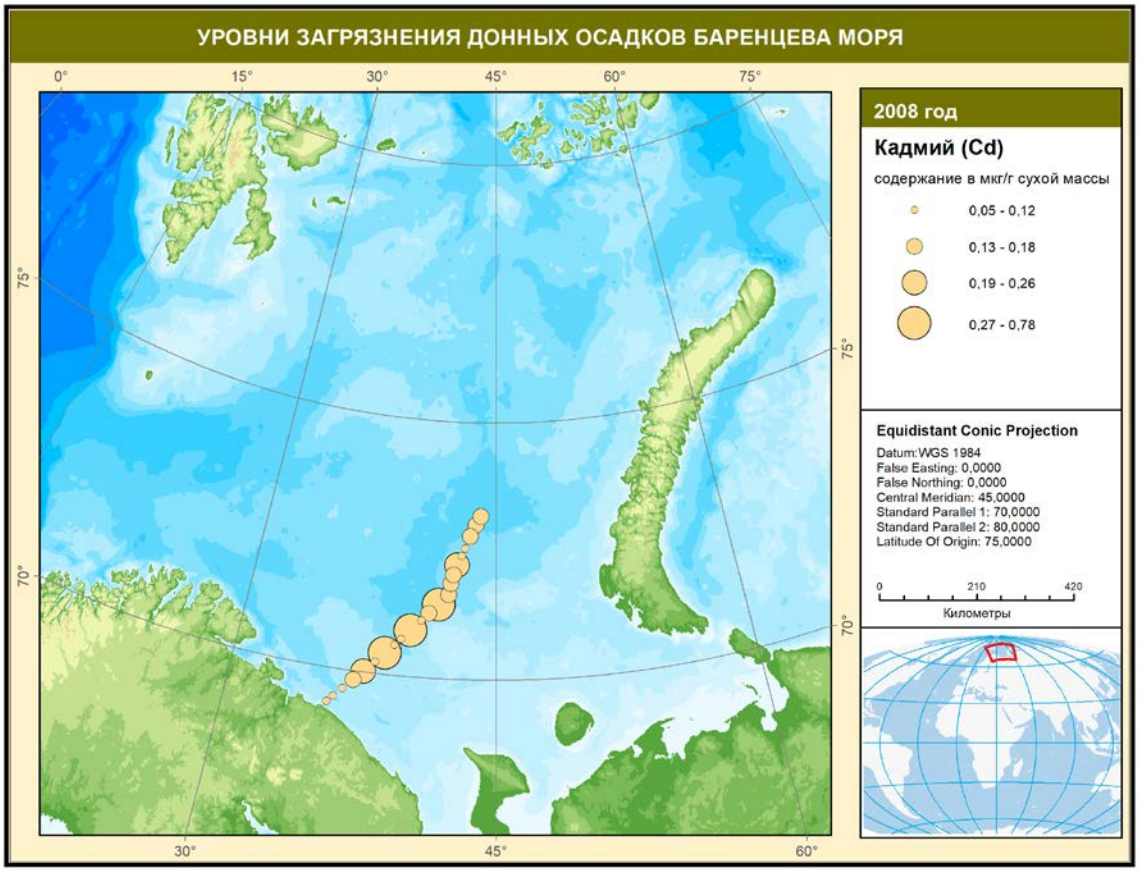
Незагрязненные морские осадки могут содержать кадмия всего лишь 0,01 мкг/г, в то время как в районах, подверженных техногенному воздействию, этот уровень может превышать 50 мкг/г (Мур, Рамамурти, 1987).

По нашим данным, среднее содержание кадмия в донных осадках Баренцева моря составляет 0,14 мкг/г сухой массы, в отложениях Карского моря – 0,18 мкг/г (Ильин, 2009), Белого – 0,30 мкг/г (Особенности распределения элементов..., 2014), Восточно-Сибирского – 0,17 мкг/г сухой массы осадка (Газогеохимические показатели…, 2020).

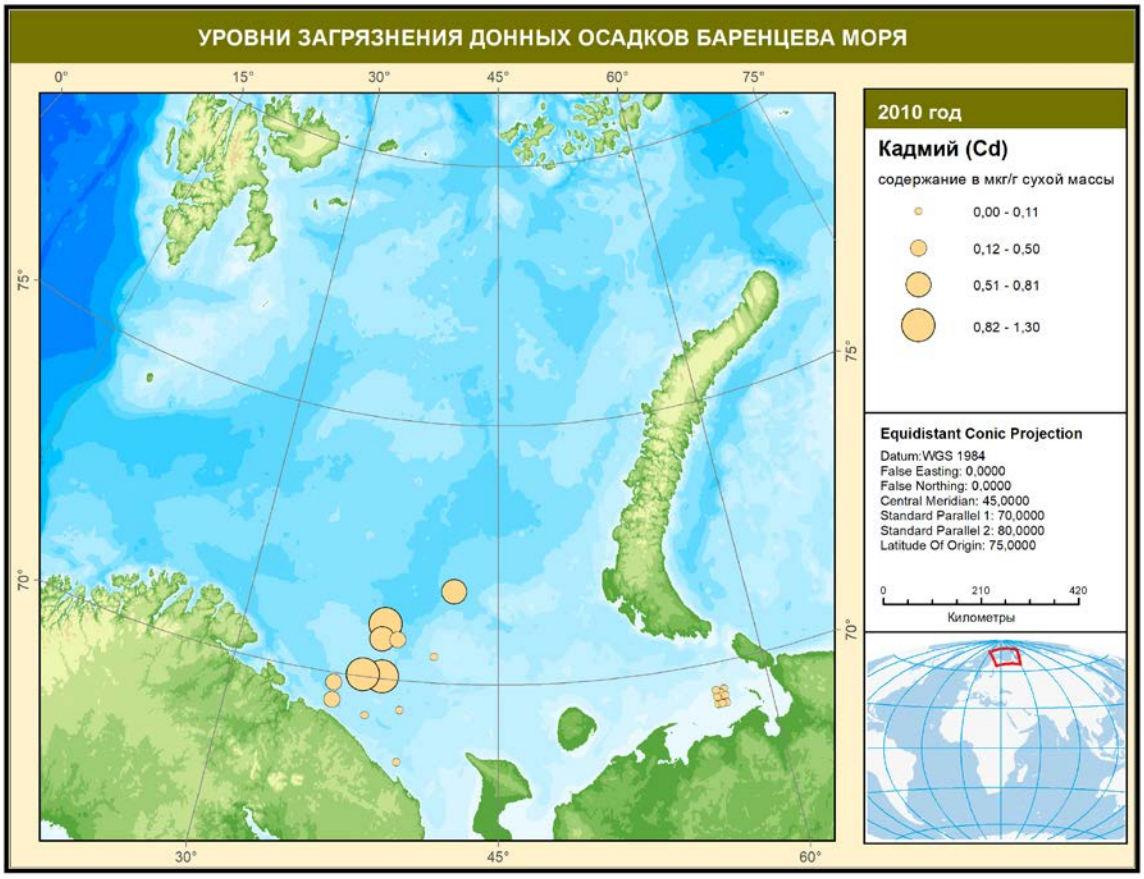
Ниже приводятся карты содержания кадмия (Cd) в 2006-2014 и 2016-2018 гг.

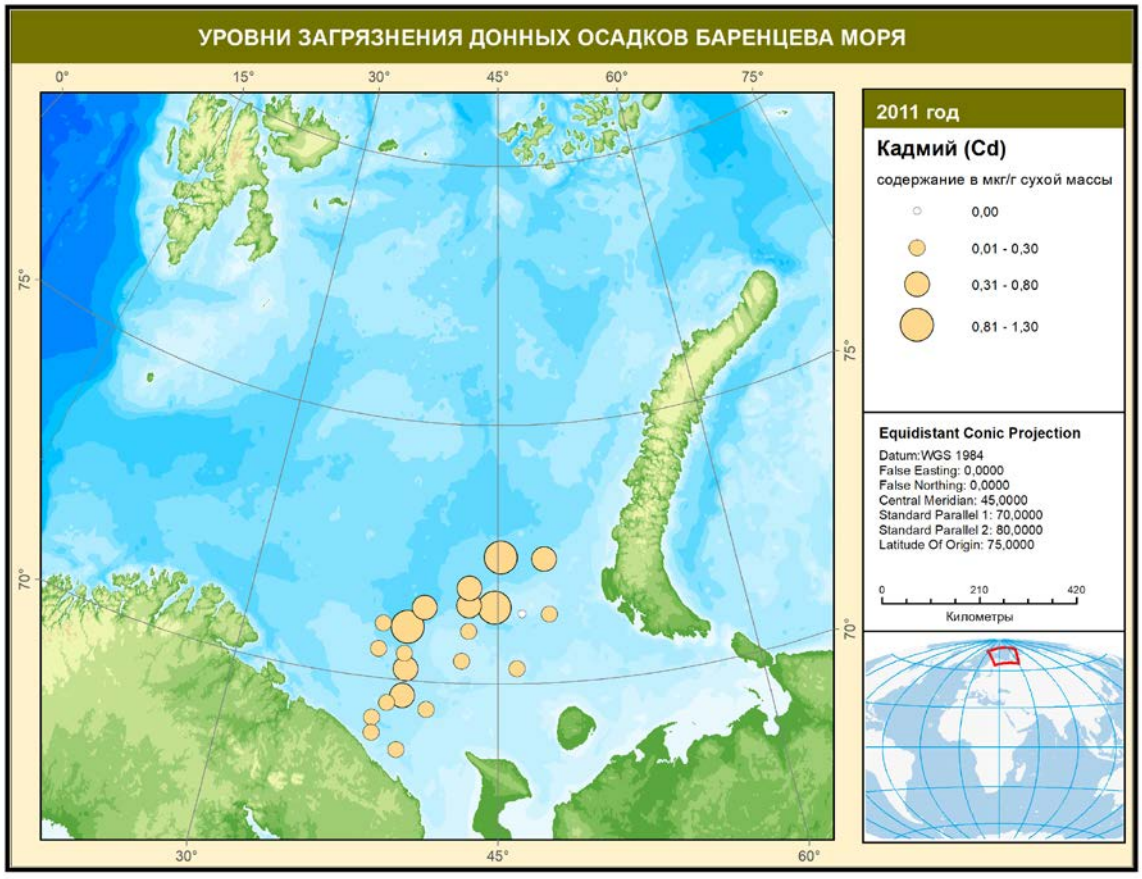

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2006 год
Кадмий (Cd)
содержание в мкг/г сухой массы
0,01 - 0,03
0,04 - 0,11
0,12 - 0,24
0,25 - 0,76
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
п-ов Рыбачий
Мотовский залив
2007 год
Кадмий (Cd)
содержание в мкг/г сухой массы
0,08
0,15
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

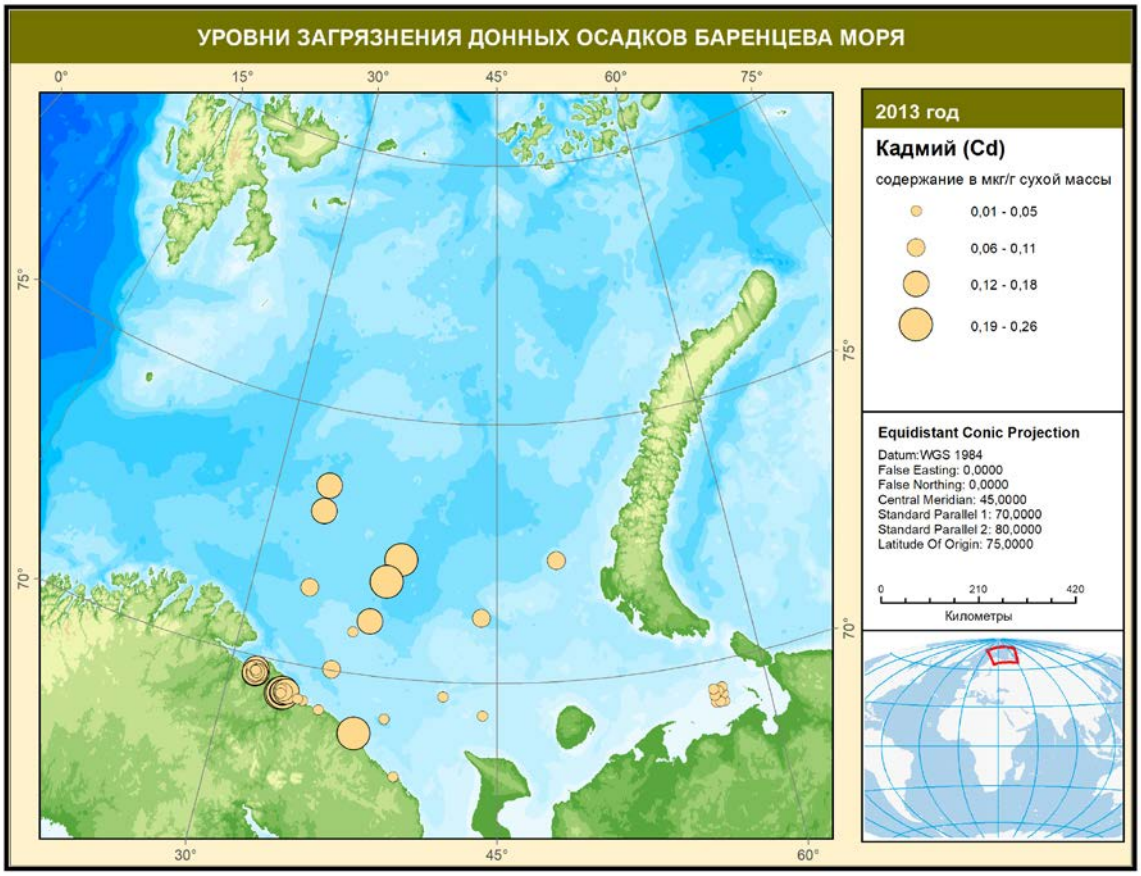

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2008 год
Кадмий (Cd)
содержание в мкг/г сухой массы
0,05 - 0,12
0,13 - 0,18
0,19 - 0,26
0,27 - 0,78
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

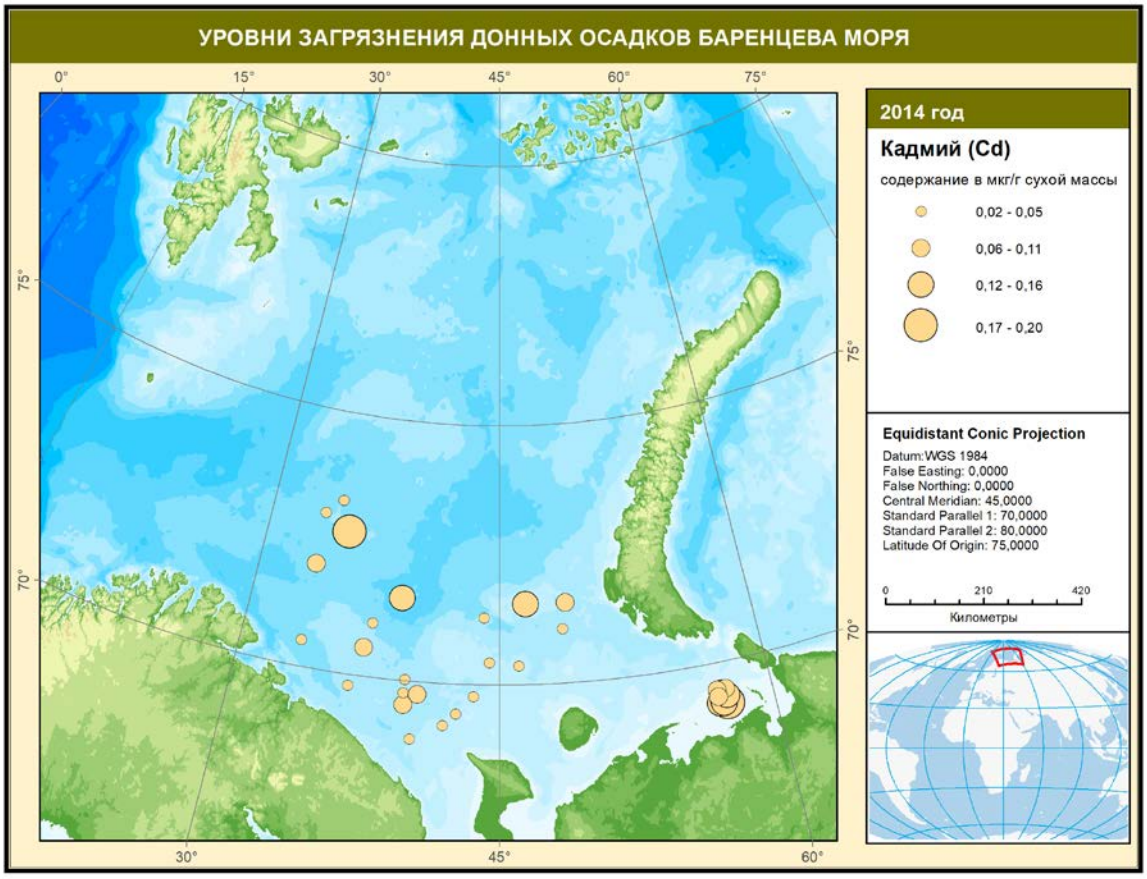
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2009 год
Кадмий (Cd)
содержание в мкг/г сухой массы
0,00 - 0,11
0,12 - 0,23
0,24 - 0,32
0,33 - 0,50
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

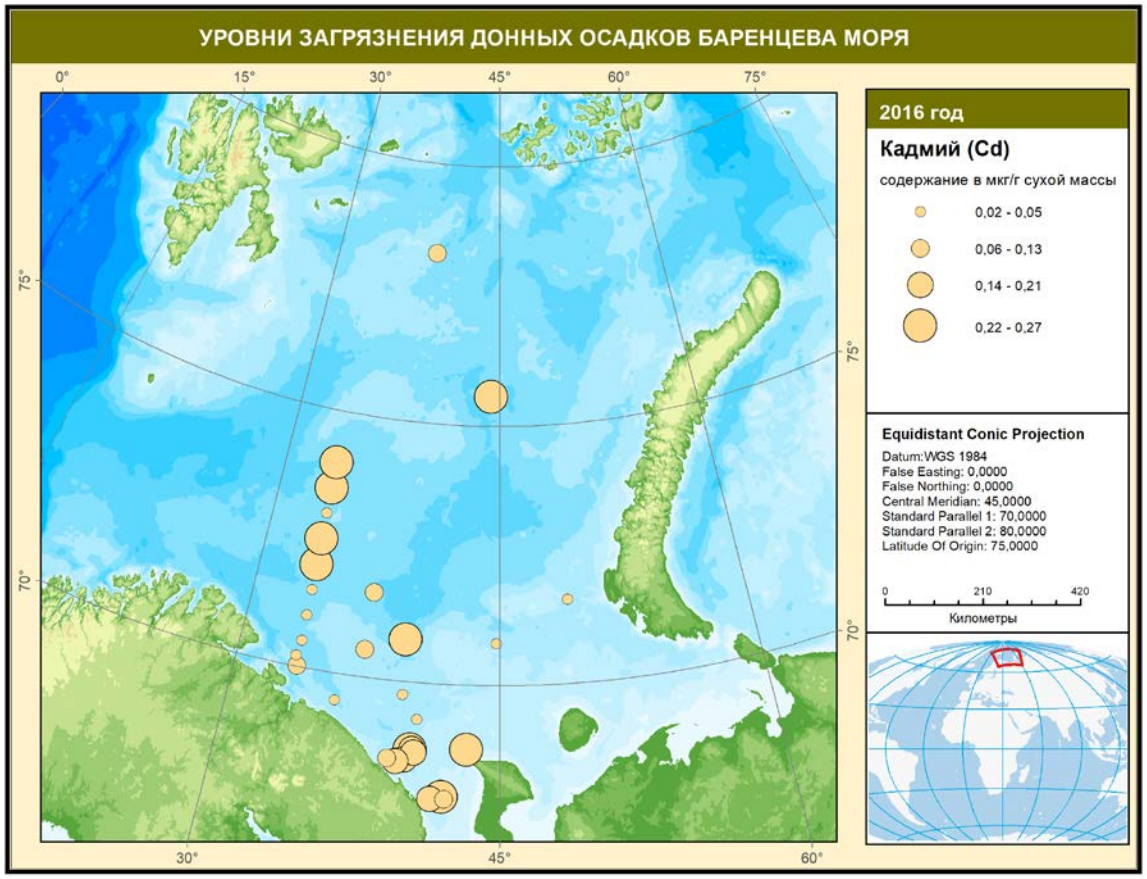

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2010 год
Кадмий (Cd)
содержание в мкг/г сухой массы
0,00 - 0,11
0,12 - 0,50
0,51 - 0,81
0,82 - 1,30
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2011 год
Кадмий (Cd)
содержание в мкг/г сухой массы
0,00
0,01 - 0,30
0,31 - 0,80
0,81 - 1,30
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

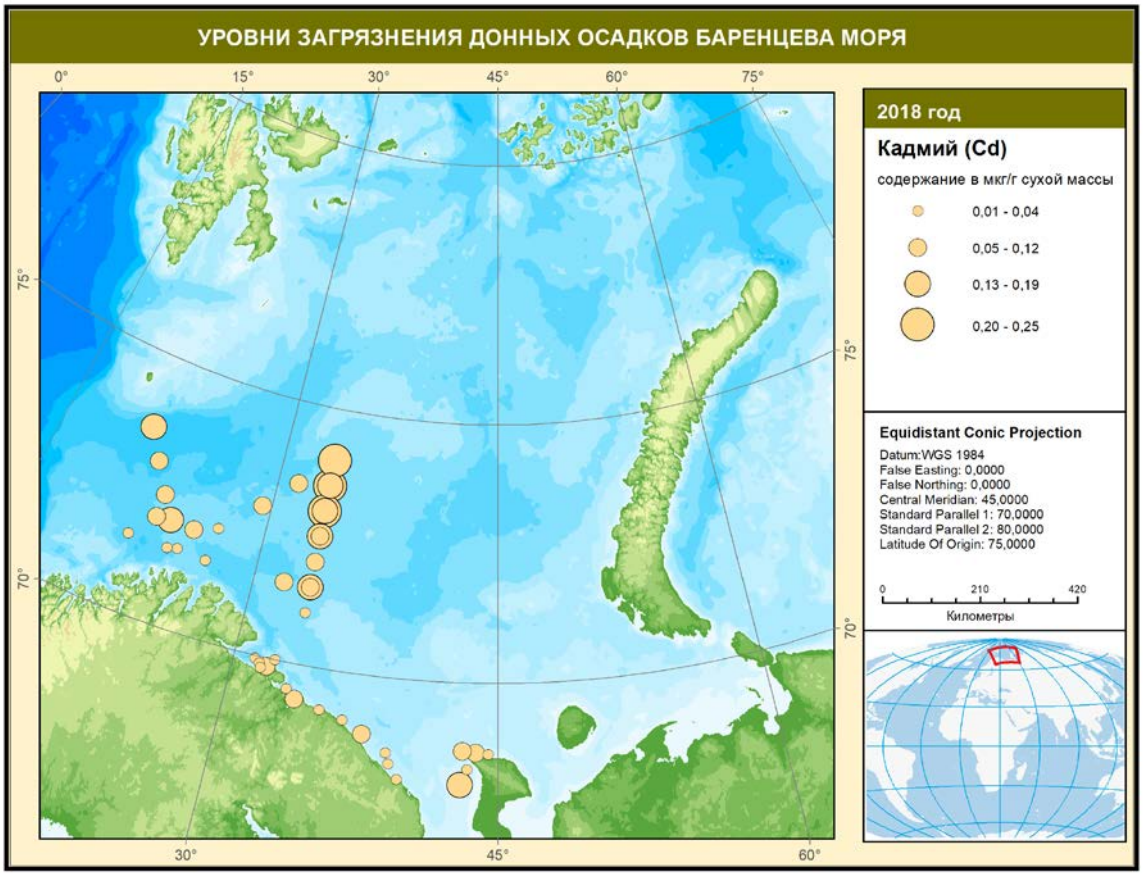
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2012 год
Кадмий (Cd)
содержание в мкг/г сухой массы
0,01 - 0,04
0,05 - 0,10
0,11 - 0,19
0,20 - 0,25
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2013 год
Кадмий (Cd)
содержание в мкг/г сухой массы
0,01 - 0,05
0,06 - 0,11
0,12 - 0,18
0,19 - 0,26
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2014 год
Кадмий (Cd)
содержание в мкг/г сухой массы
0,02 - 0,05
0,06 - 0,11
0,12 - 0,16
0,17 - 0,20
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2016 год
Кадмий (Cd)
содержание в мкг/г сухой массы
0,02 - 0,05
0,06 - 0,13
0,14 - 0,21
0,22 - 0,27
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2017 год
Кадмий (Cd)
содержание в мкг/г сухой массы
0,00 - 0,07
0,08 - 0,17
0,18 - 0,29
0,30 - 0,83
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2018 год
Кадмий (Cd)
содержание в мкг/г сухой массы
0,01 - 0,04
0,05 - 0,12
0,13 - 0,19
0,20 - 0,25
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

Хром

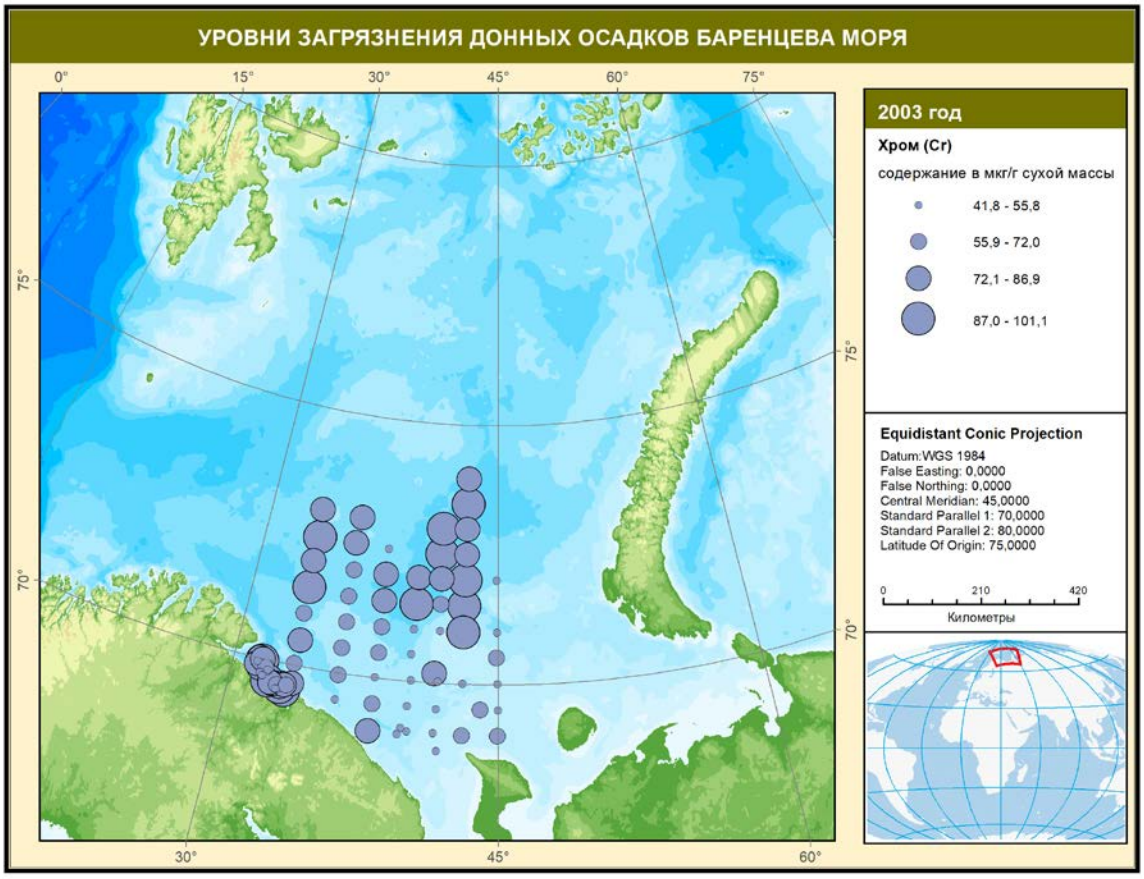
В поверхностные воды соединения хрома (III и IV) поступают в результате выщелачивания горных пород – серпентинитов и других хромсодержащих минералов (Войнар, 1953). Некоторое количество хрома попадает в воду в процессе разложения организмов и растений, из почв, особенно сформировавшихся над обогащенными хромом породами (Руководство по химическому…, 1977). Основные поставщики хромсодержащих аэрозолей в порядке уменьшения масштаба выбросов – это производство и переработка феррохрома, изготовление огнеупоров, сжигание угля и производство хромированных сталей. Для производства нержавеющих сталей, красителей, химикатов, хромирования металлических изделий используется огромное количество хромитовых руд. Уровень содержания хрома в аэрозолях в зоне перерабатывающих хром заводов может достигать 1 мг/м^3 при фоновом природном уровне 10^{-6} мг/м^3. В зависимости от климатических условий эти частицы разносятся ветром на большие расстояния или выпадают на поверхность земли в виде дождя и снега. Показатель обогащения атмосферных частиц хромом относительно земной коры равен 11 (Мур, Рамамурти, 1987).

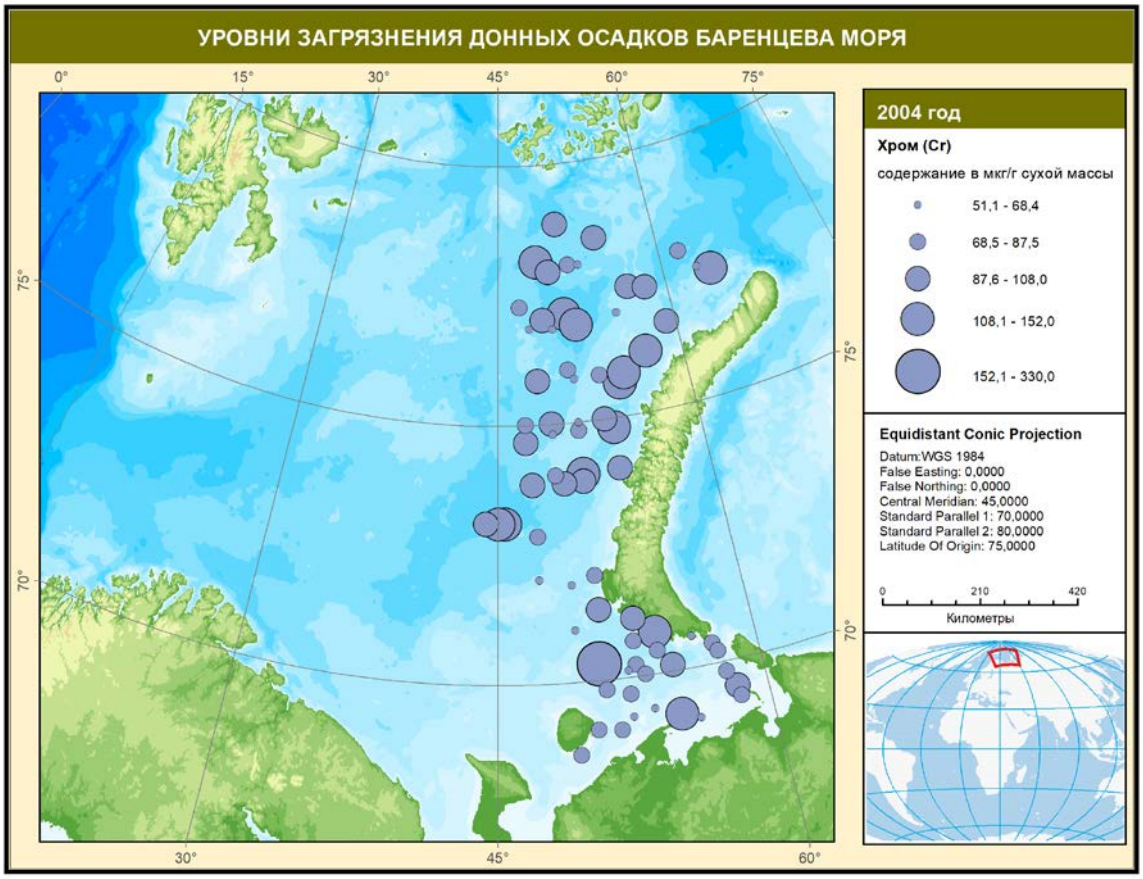
Значительное количество хрома может поступать в водоемы со сточными водами гальванических цехов машиностроительных, станкостроительных, автомобильных, авиационных заводов, красильных цехов текстильных производств, кожевенных заводов и предприятий химической промышленности (Диагностический анализ состояния…, 2011). Неконтролируемые выбросы представляют большую опасность загрязнения природных вод относительно токсичной формой Cr^{6+}. Источники загрязнения Cr^{3}+ – жидкие стоки кожевенных производств и красилен, содержащие до нескольких граммов хрома на 1 литр.

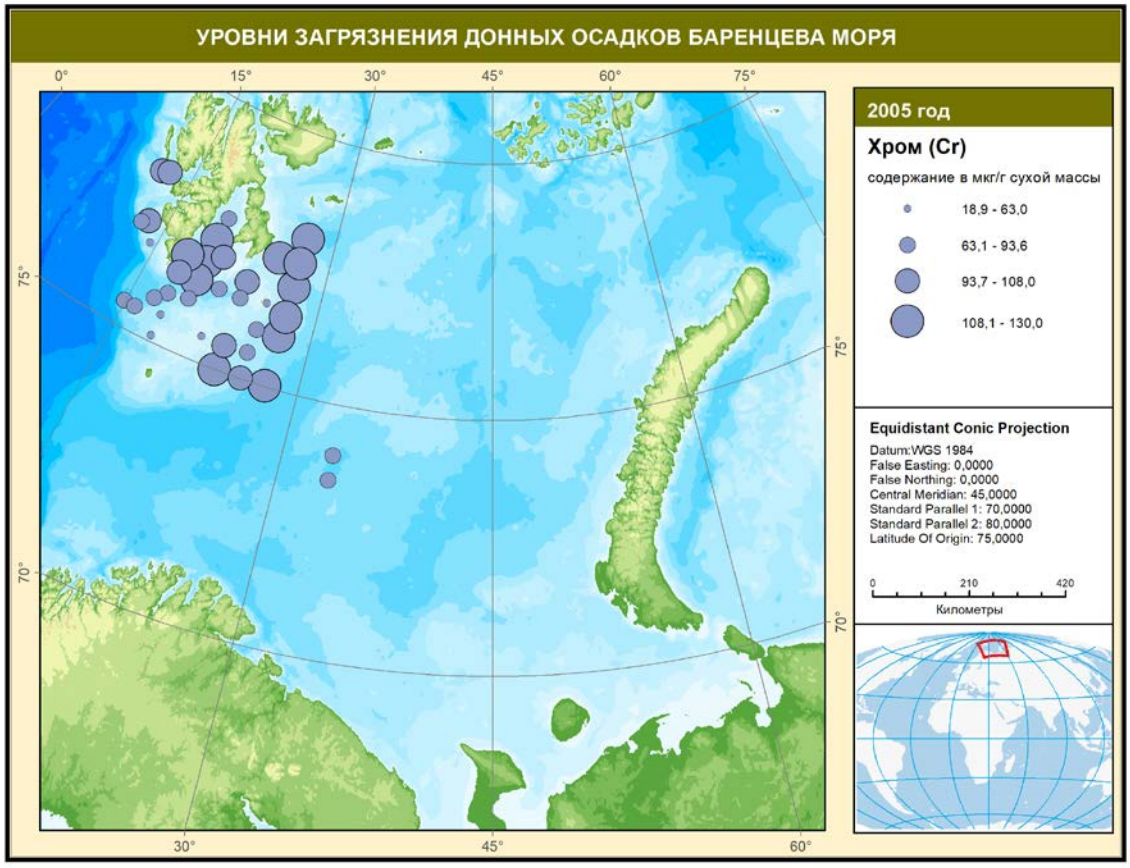
Установлено повышение содержания хрома в донных отложениях за счет антропогенных источников. Обогащение осадков Cr коррелирует с поступлением золы от различных источников – сжигания нефти, угля, древесины. В результате содержание хрома может сильно варьировать. Так, его содержание в донных осадках эстуария и залива Святого Лаврентия (Канада) изменяется от 8 до 241 мкг/г. Потенциально биологически доступная не обломочная фракция составляет примерно 2-11 % от его содержания (Мур, Рамамурти, 1987).

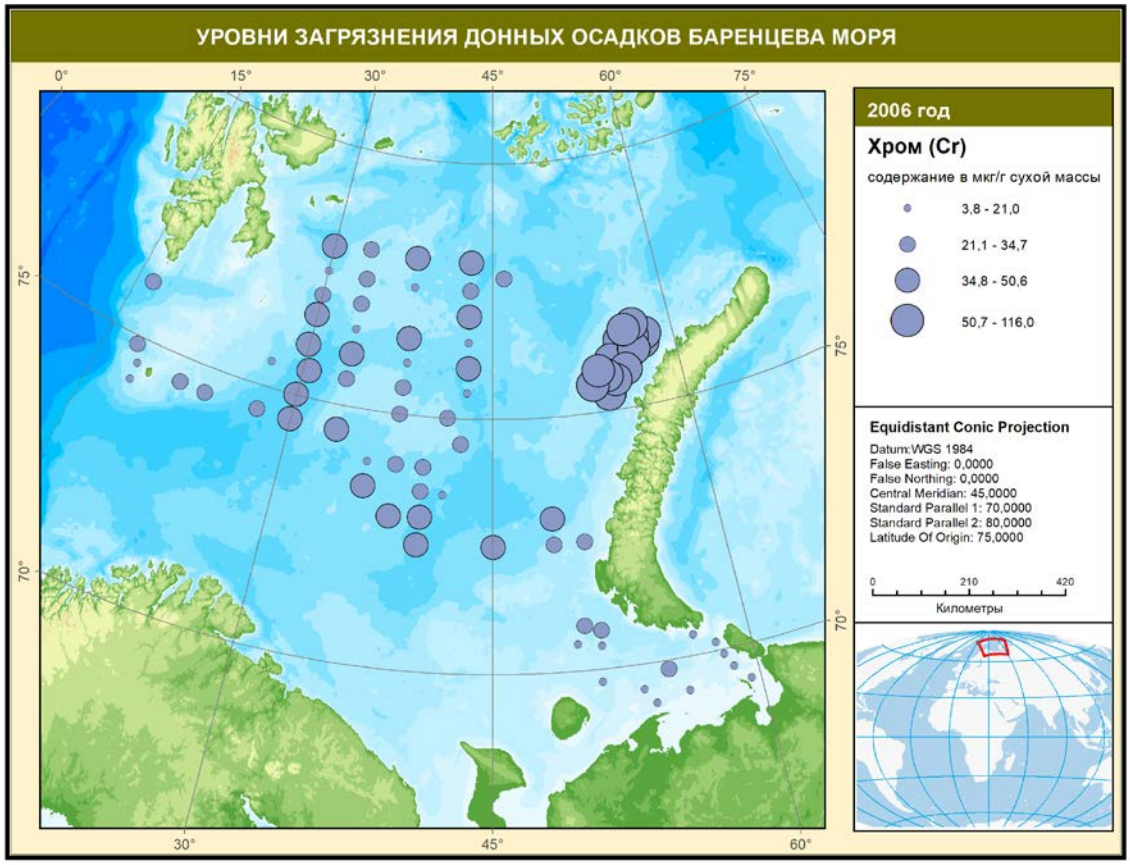
О среднем содержании хрома в донных отложениях арктических морей России известно, что в Баренцевом море оно составляет 54 мкг/г сухой массы осадка (Новиков, 2017), в отложениях Восточно-Сибирского моря – 70 мкг/г (Газогеохимические аномалии..., 2013), Чукотского – 64 мкг/г (Литохимическая типизация обстановок..., 2013), Белого – 78 мкг/г сухой массы осадка (Особенности распределения элементов..., 2014).

Ниже приводятся карты содержания хрома (Cr) в 2003-2018 гг.

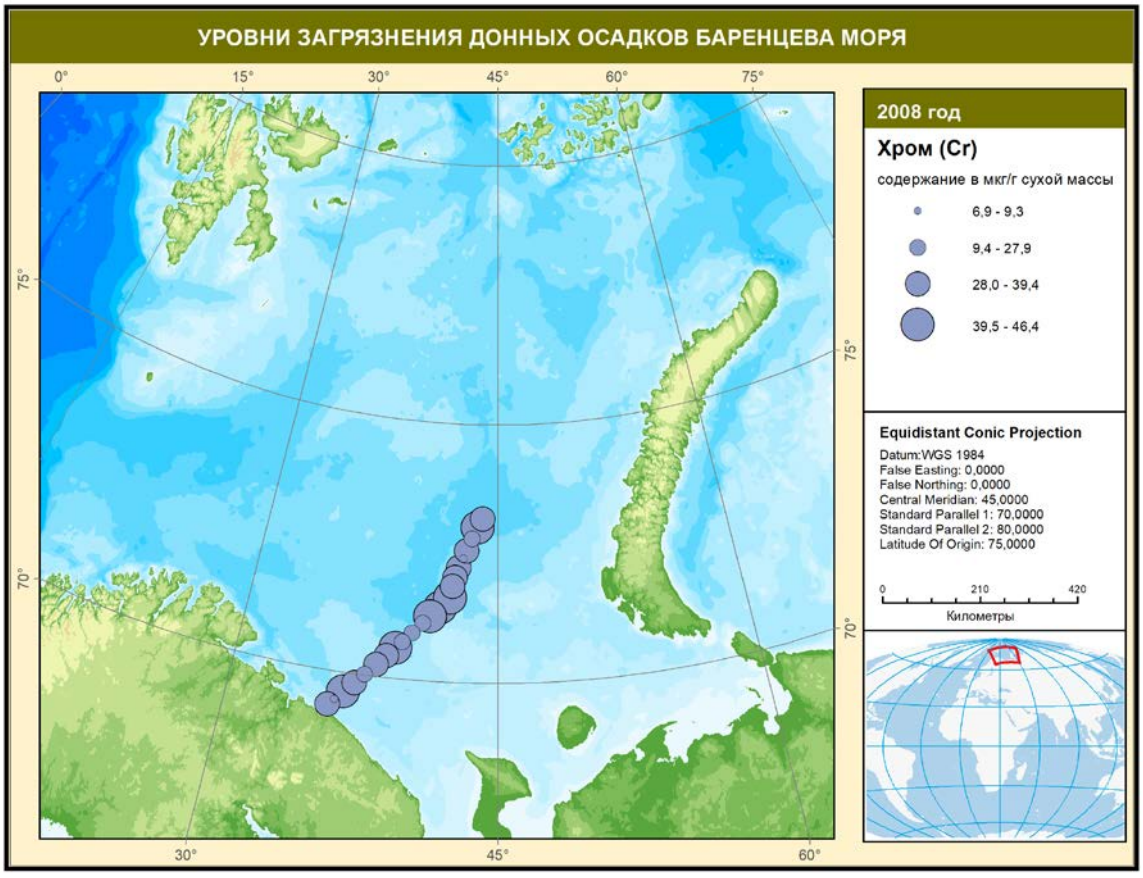

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2003 год
Хром (Cr)
содержание в мкг/г сухой массы
41,8 - 55,8
55,9 - 72,0
72,1 - 86,9
87,0 - 101,1
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

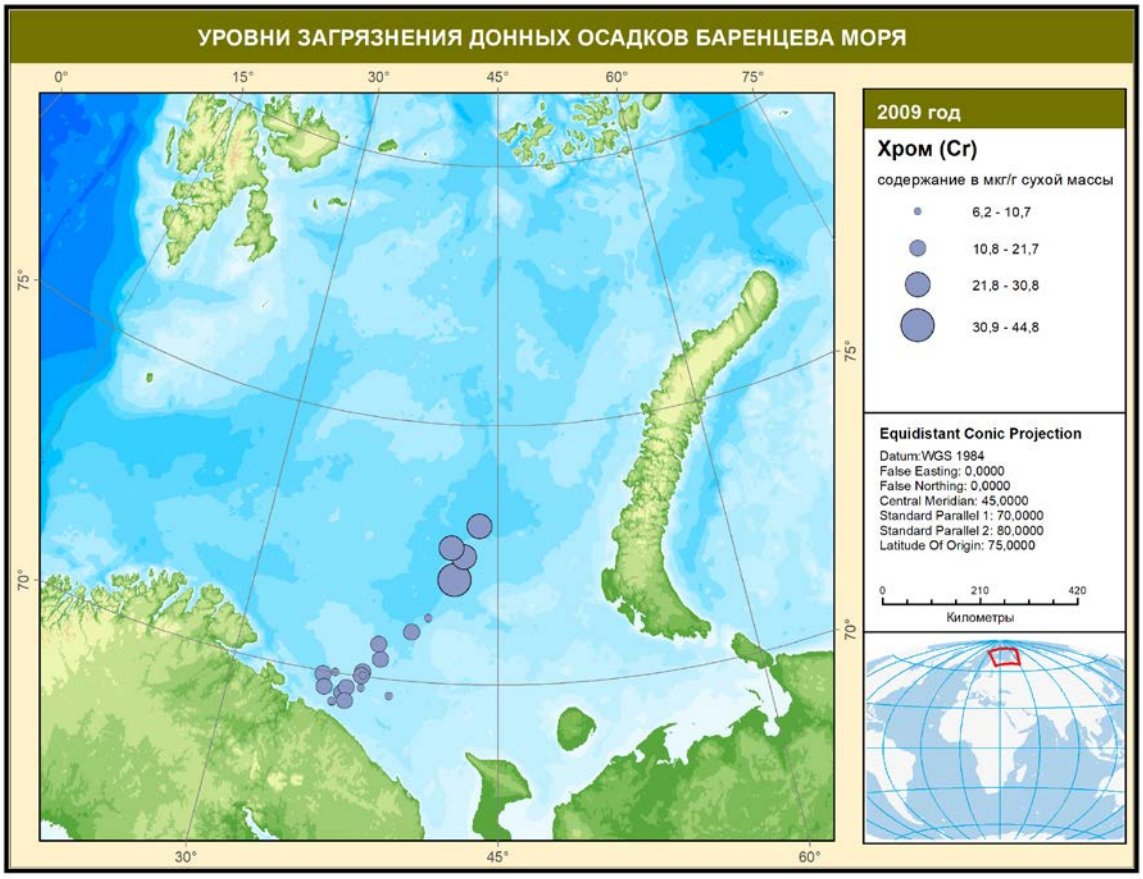

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2004 год
Хром (Cr)
содержание в мкг/г сухой массы
51,1 - 68,4
68,5 - 87,5
87,6 - 108,0
108,1 - 152,0
152,1 - 330,0
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

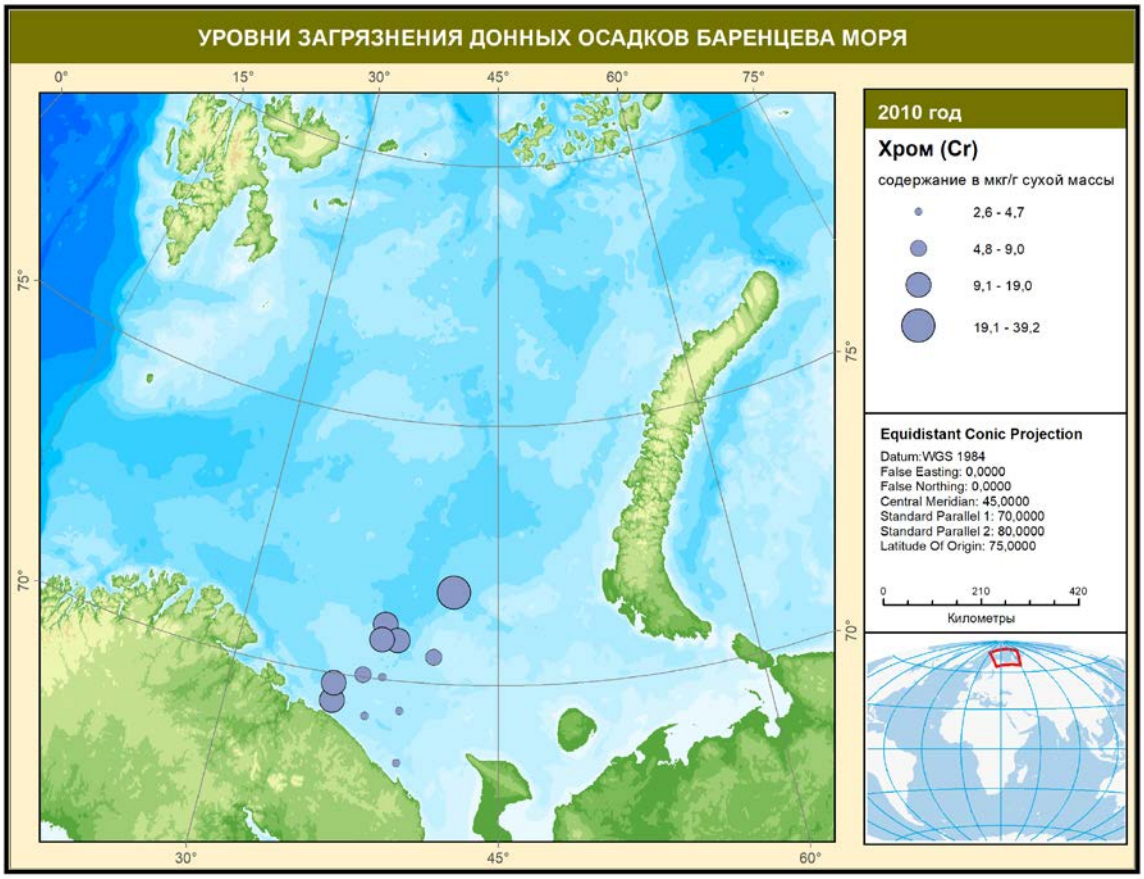

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2005 год
Хром (Cr)
содержание в мкг/г сухой массы
18,9 - 63,0
63,1 - 93,6
93,7 - 108,0
108,1 - 130,0
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

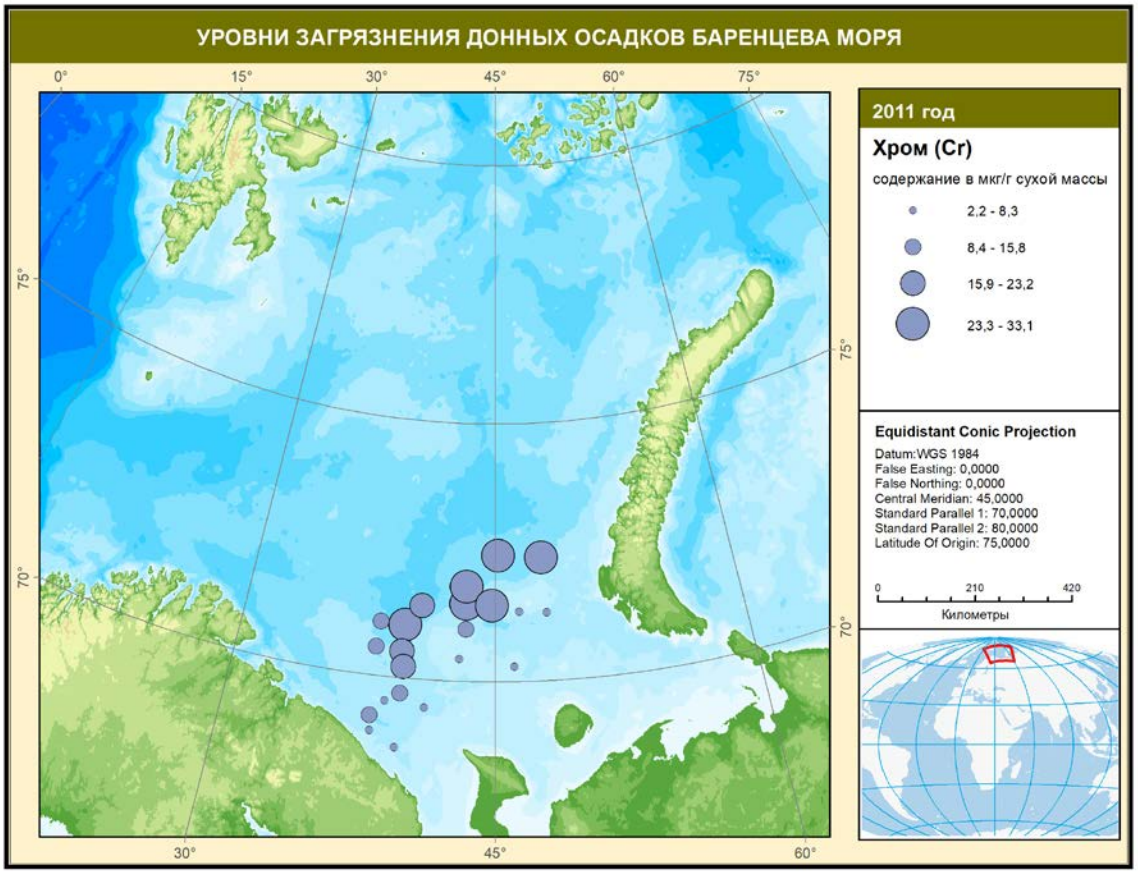

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2006 год
Хром (Cr)
содержание в мкг/г сухой массы
3,8 - 21,0
21,1 - 34,7
34,8 - 50,6
50,7 - 116,0
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

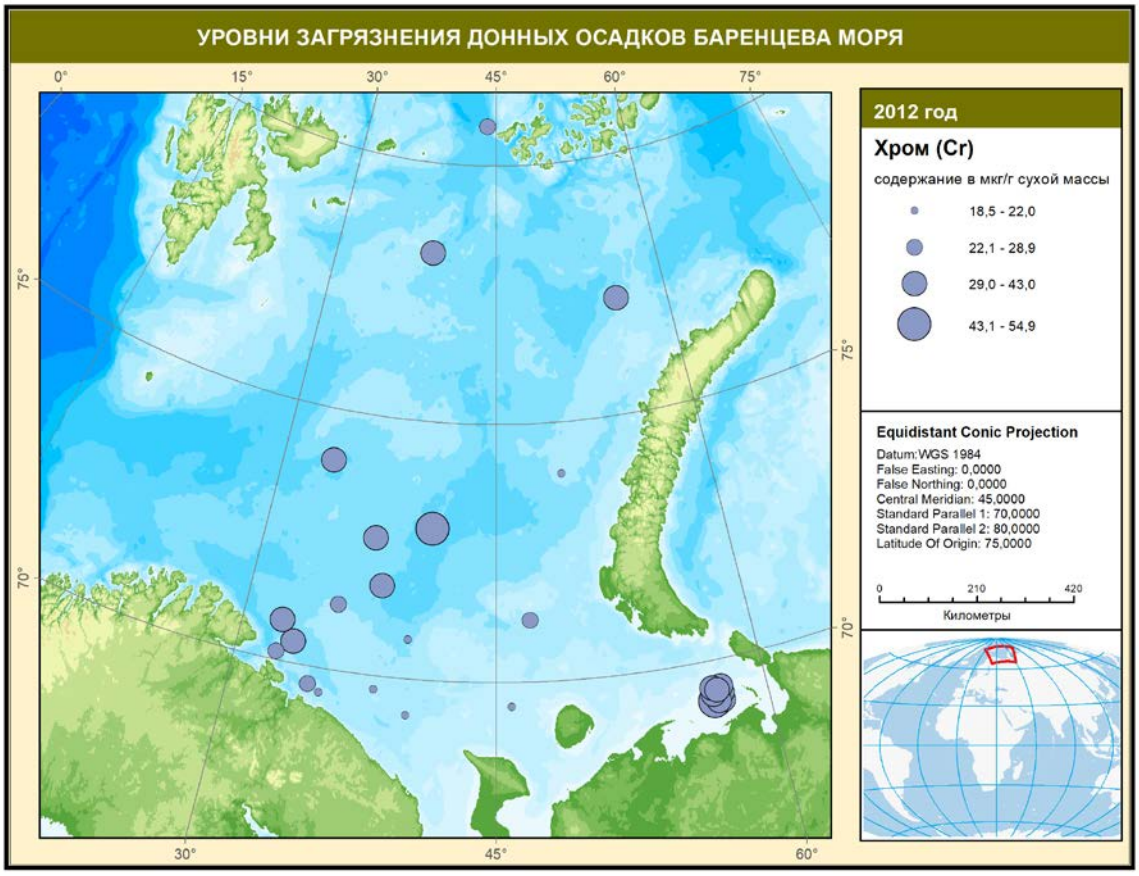
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
п-ов Рыбачий
Мотовский залив
2007 год
Хром (Cr)
содержание в мкг/г сухой массы
19,2
19,4
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

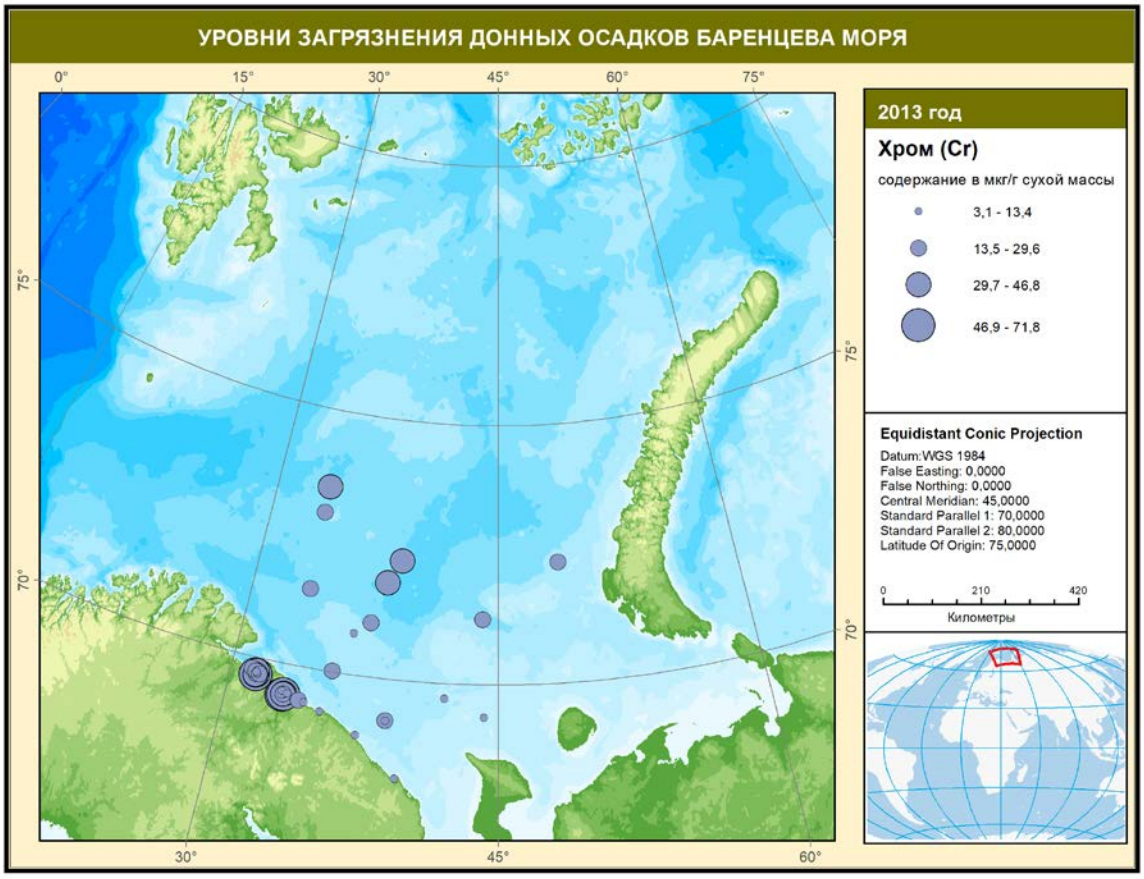

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2008 год
Хром (Cr)
содержание в мкг/г сухой массы
6,9 - 9,3
9,4 - 27,9
28,0 - 39,4
39,5 - 46,4
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

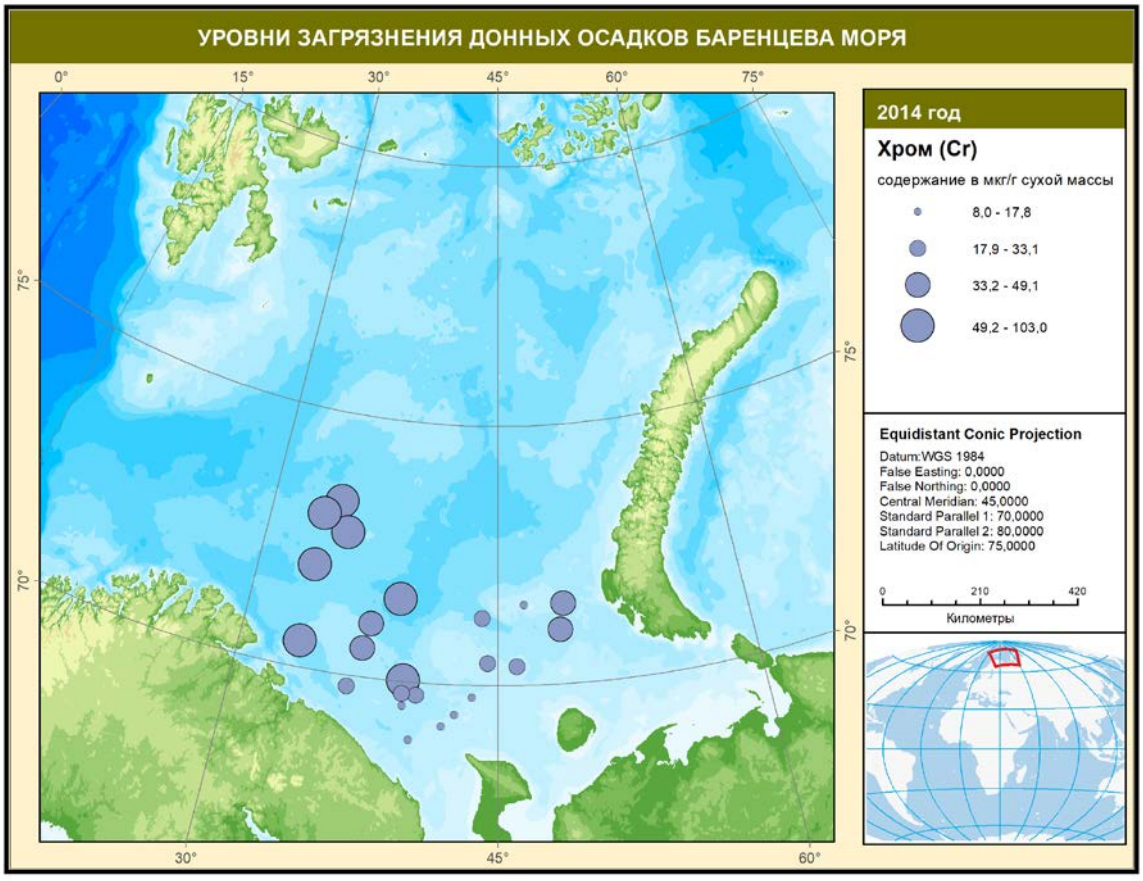

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2009 год
Хром (Cr)
содержание в мкг/г сухой массы
6,2 - 10,7
10,8 - 21,7
21,8 - 30,8
30,9 - 44,8
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

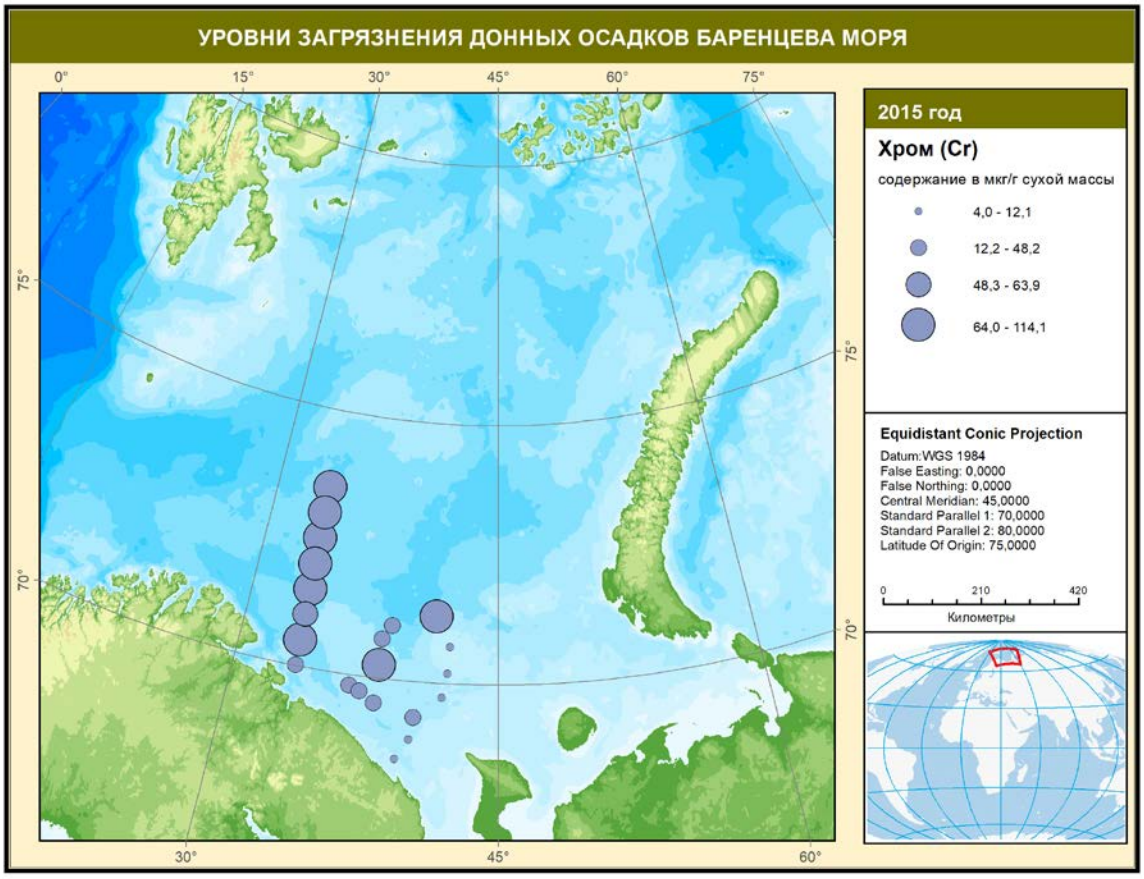

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2010 год
Хром (Cr)
содержание в мкг/г сухой массы
2,6 - 4,7
4,8 - 9,0
9,1 - 19,0
19,1 - 39,2
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

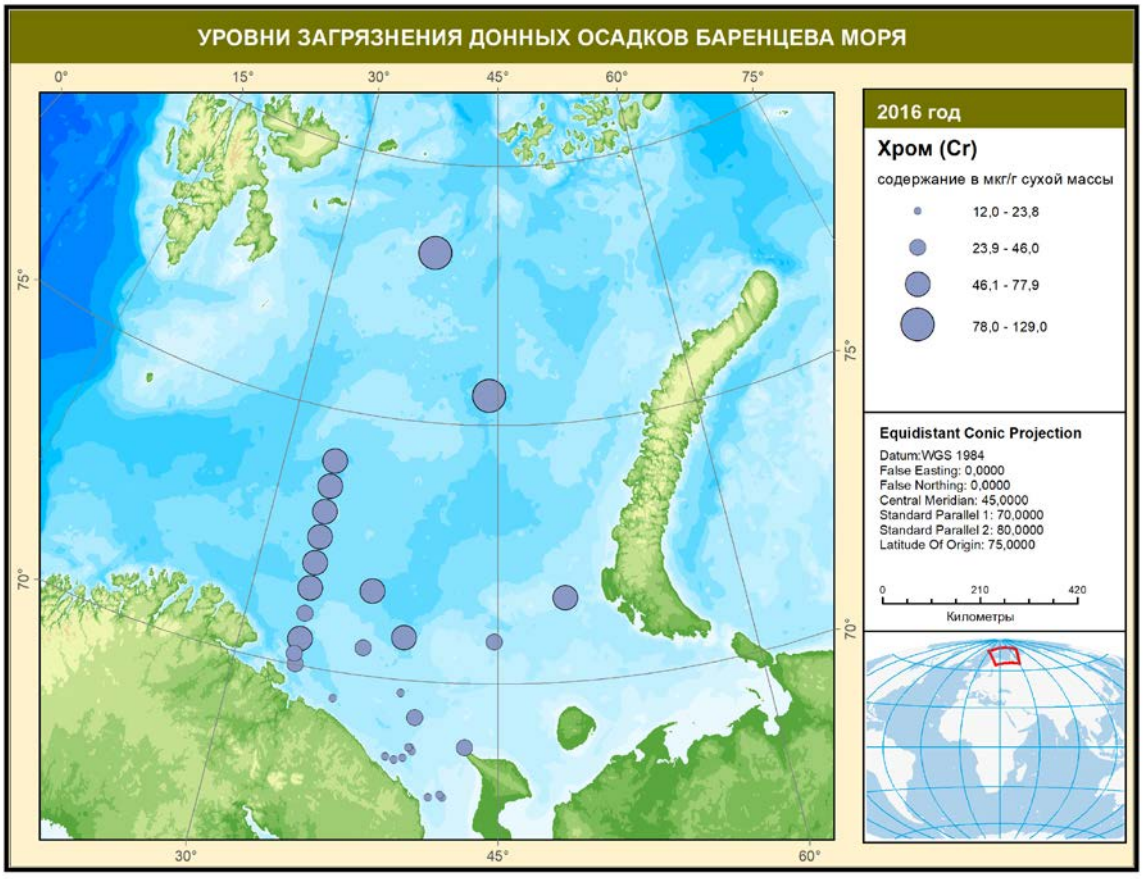

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2011 год
Хром (Cr)
содержание в мкг/г сухой массы
2,2 - 8,3
8,4 - 15,8
15,9 - 23,2
23,3 - 33,1
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2012 год
Хром (Cr)
содержание в мкг/г сухой массы
18,5 - 22,0
22,1 - 28,9
29,0 - 43,0
43,1 - 54,9
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

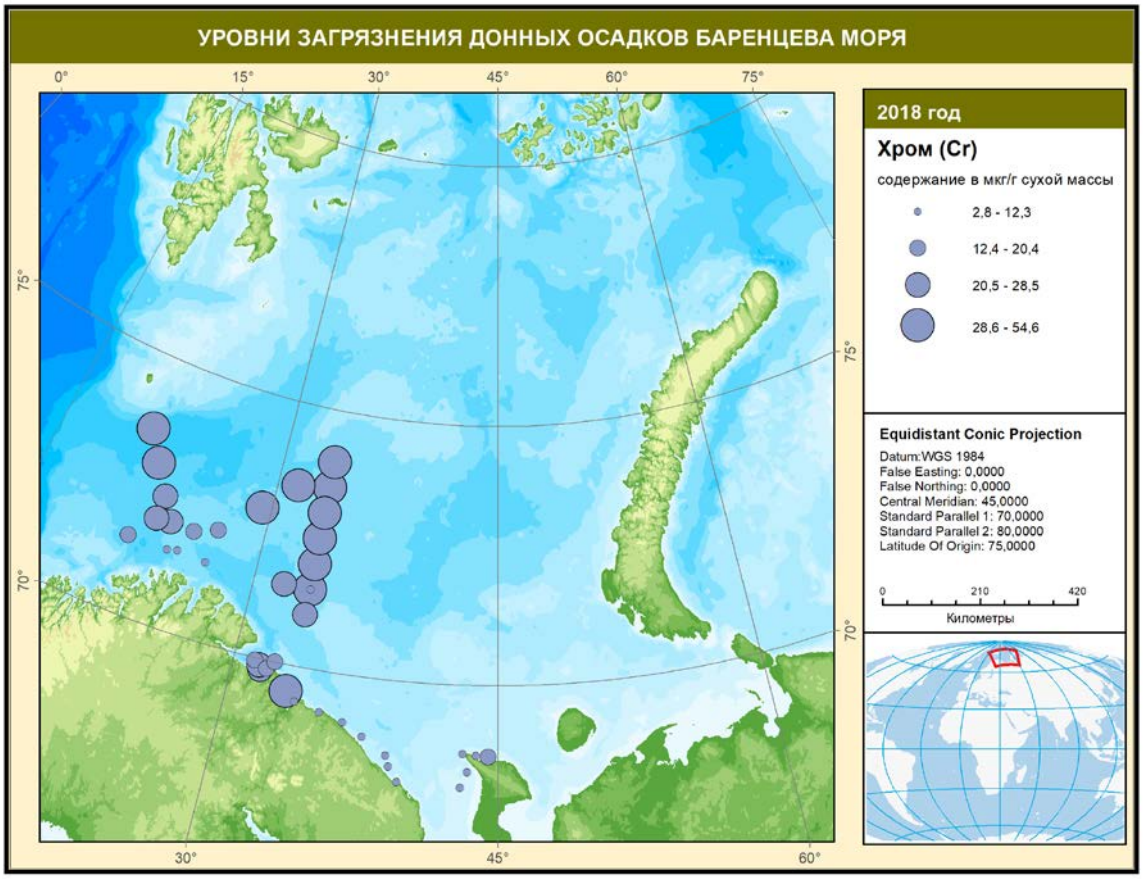

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2013 год
Хром (Cr)
содержание в мкг/г сухой массы
3,1 - 13,4
13,5 - 29,6
29,7 - 46,8
46,9 - 71,8
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2014 год
Хром (Cr)
содержание в мкг/г сухой массы
8,0 - 17,8
17,9 - 33,1
33,2 - 49,1
49,2 - 103,0
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2015 год
Хром (Cr)
содержание в мкг/г сухой массы
4,0 - 12,1
12,2 - 48,2
48,3 - 63,9
64,0 - 114,1
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2016 год
Хром (Cr)
содержание в мкг/г сухой массы
12,0 - 23,8
23,9 - 46,0
46,1 - 77,9
78,0 - 129,0
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2017 год
Хром (Cr)
содержание в мкг/г сухой массы
1,1 - 13,1
13,2 - 30,9
31,0 - 53,5
53,6 - 88,0
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2018 год
Хром (Cr)
содержание в мкг/г сухой массы
2,8 - 12,3
12,4 - 20,4
20,5 - 28,5
28,6 - 54,6
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

Медь

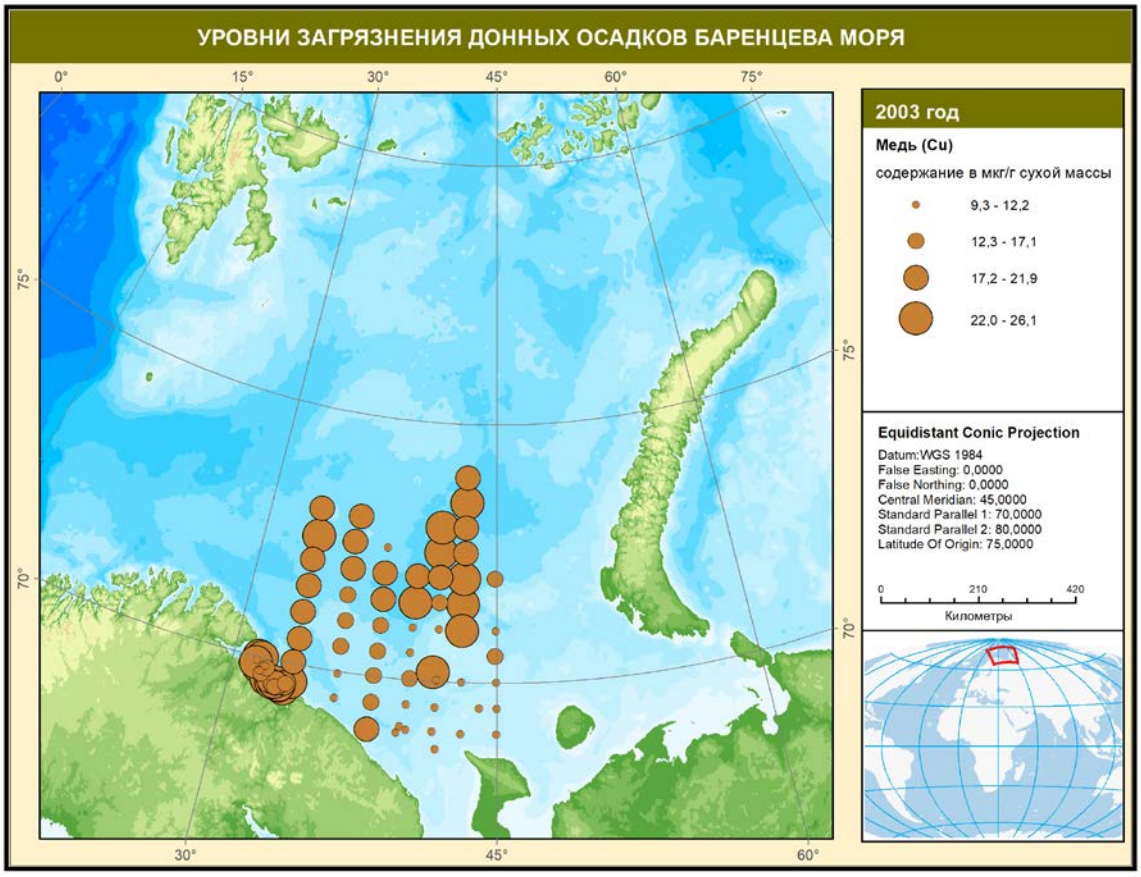
В природе медь встречается как в самородном состоянии, так и в виде сульфидов, арсенидов, хлоридов и карбонатов. Основным источником поступления меди в природные воды являются сточные воды предприятий электротехнической, химической, металлургической промышленности, шахтные воды, альгициды, используемые для уничтожения водорослей. Медь может появляться в воде в результате коррозии медных трубопроводов и других сооружений, используемых в системах водоснабжения. Поступление меди от эрозии минерализованных пород оценивается в 325 тыс. т в год (Руководство по химическому..., 1977; Clark, 2011). Примерно 75 % выделяемой в атмосферу меди имеет антропогенное происхождение, а производство цветных металлов является основным источником ее поступления. Меньше загрязняющего вещества образуется при сжигании древесины и производстве стали и железа. Это может приводить к значительному загрязнению окружающей среды. Так, из-за выбрасываемых во внешнюю среду Норильским горно-металлургическим комбинатом загрязнений концентрации меди в почвах этого региона Арктики достигают экстремально высоких значений, превышающих предельно допустимую концентрацию (ПДК) в сотни раз – 0,4 % сухой массы (Диагностический анализ состояния…, 2011). Освоение нефтегазовых месторождений также способно сильно загрязнять почву и приповерхностную гидросферу. Например, в почвах районов освоения месторождений в Восточной Сибири выявляют аномалии со значительным превышением ПДК тяжелых металлов, в том числе меди (Копылов, 2012).

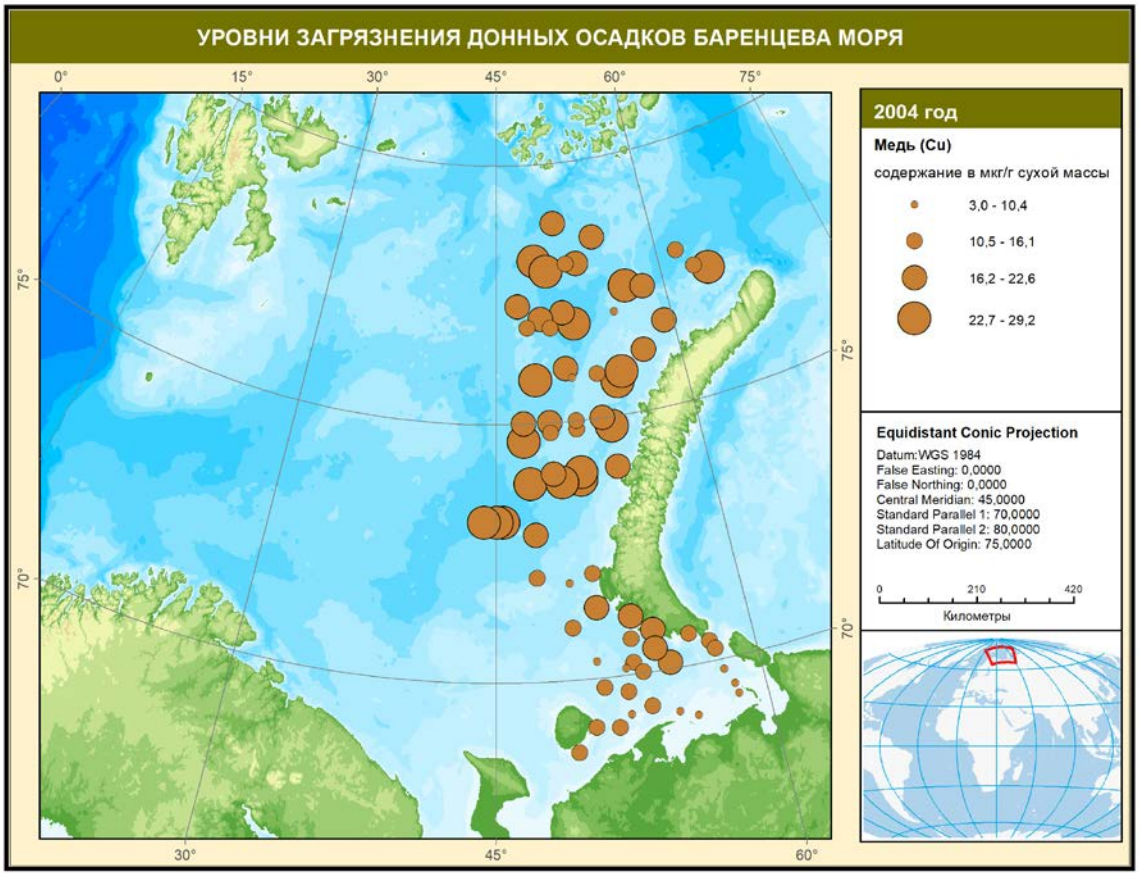
Общее поступление меди в атмосферу составляет около 75 тыс. т/год, из которых от 5 до 13 тыс. т осаждается в океанах с атмосферными осадками и сухими выпадениями. Важнейшим природным источником поступления меди в атмосферу является эоловый перенос (пыль, поднятая ветром) (Мур, Рамамурти, 1987). Около 17 тыс. т меди, находящейся в различных отходах, ежегодно поступает в океаны (Химия окружающей среды, 1982; Израэль, Цыбань 2009).

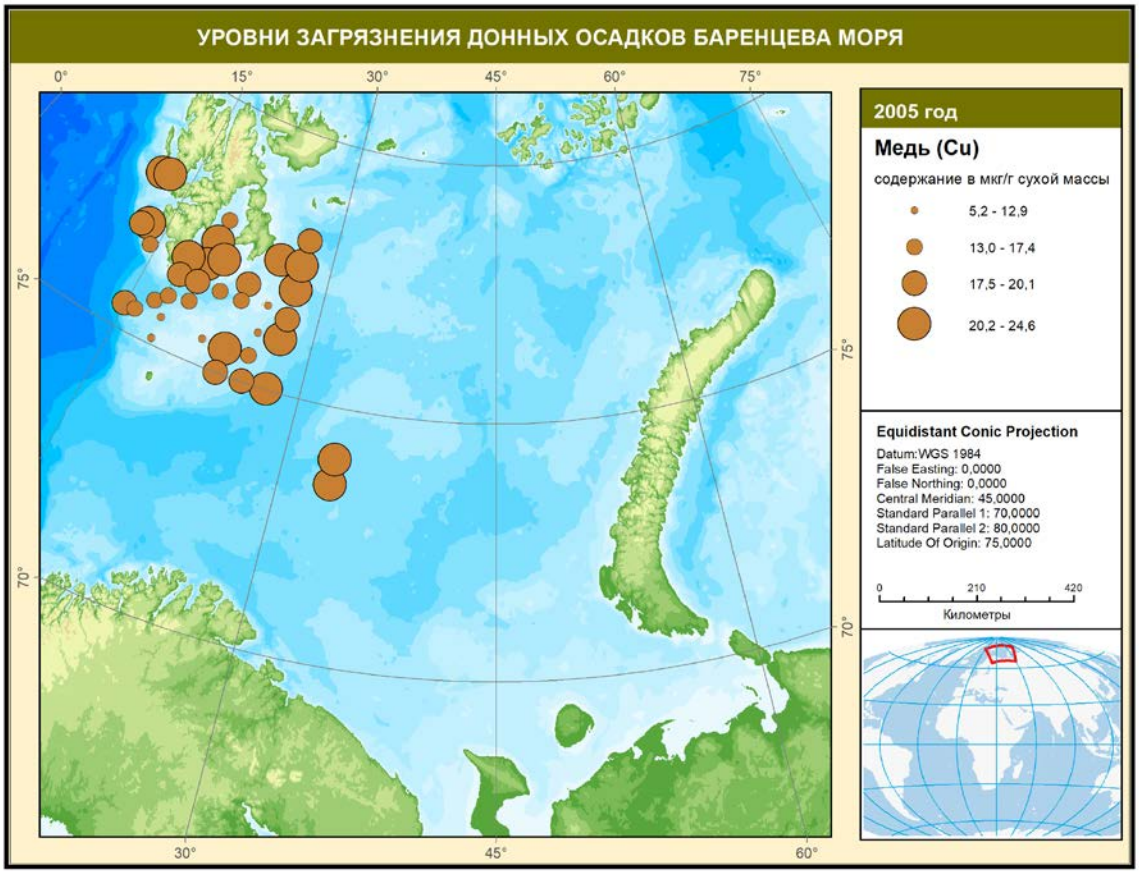
Значение меди в биологических системах достаточно велико. Интенсивная сорбция меди обуславливает ее высокие содержания в донных отложениях. Темпы сорбции зависят от присутствия глинистых частиц, лигандов, гуминовых кислот, железомарганцевых оксидов, pH и ряда других связывающих медь ионов. Десорбция меди из отложений зависит от pH, солености, присутствия природных и синтетических хелатов. Незагрязненные морские донные отложения обычно содержат меди не более 20 мкг/г сухой массы осадка (Мур, Рамамурти, 1987).

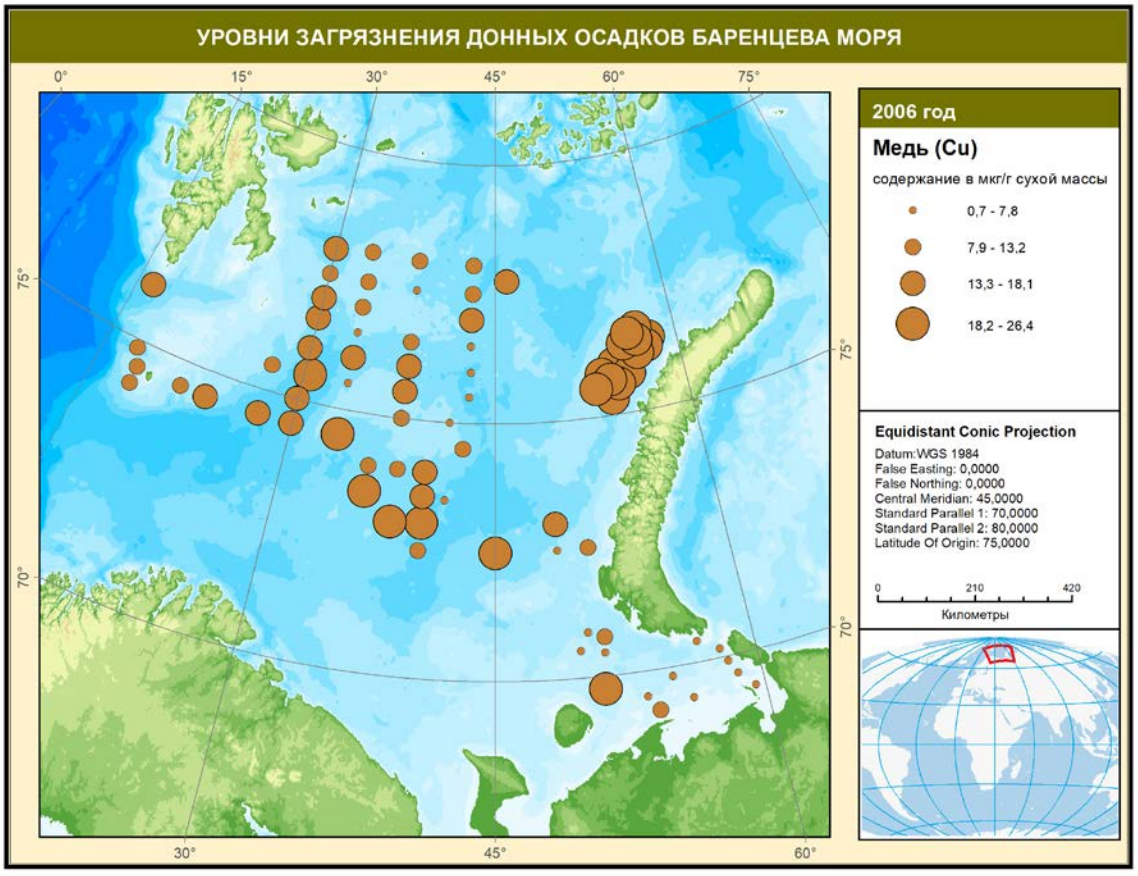
О среднем содержании меди в донных отложениях арктических морей России известно, что в Баренцевом море оно составляет 16 мкг/г (Новиков, 2017), в отложениях Восточно-Сибирского моря – 19 мкг/г (Газогеохимические аномалии..., 2013), Чукотского – 21 мкг/г (Литохимическая типизация обстановок..., 2013), Карского – 36 мкг/г (Ильин, 2009), Белого – 14 мкг/г сухой массы осадка (Особенности распределения элементов..., 2014).

Ниже приводятся карты содержания меди (Cu) в 2003-2018 гг.


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2003 год
Медь (Cu)
содержание в мкг/г сухой массы
9,3 - 12,2
12,3 - 17,1
17,2 - 21,9
22,0 - 26,1
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

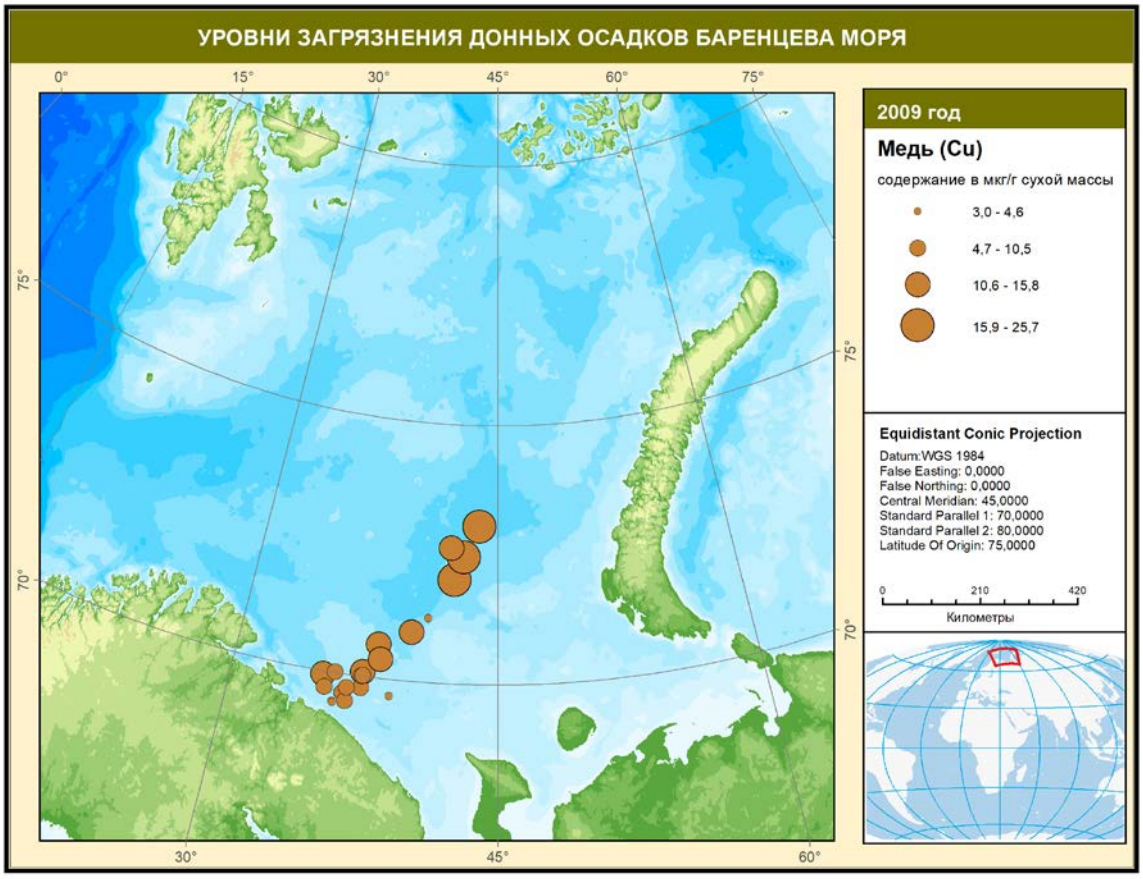

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2004 год
Медь (Cu)
содержание в мкг/г сухой массы
3,0 - 10,4
10,5 - 16,1
16,2 - 22,6
22,7 - 29,2
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

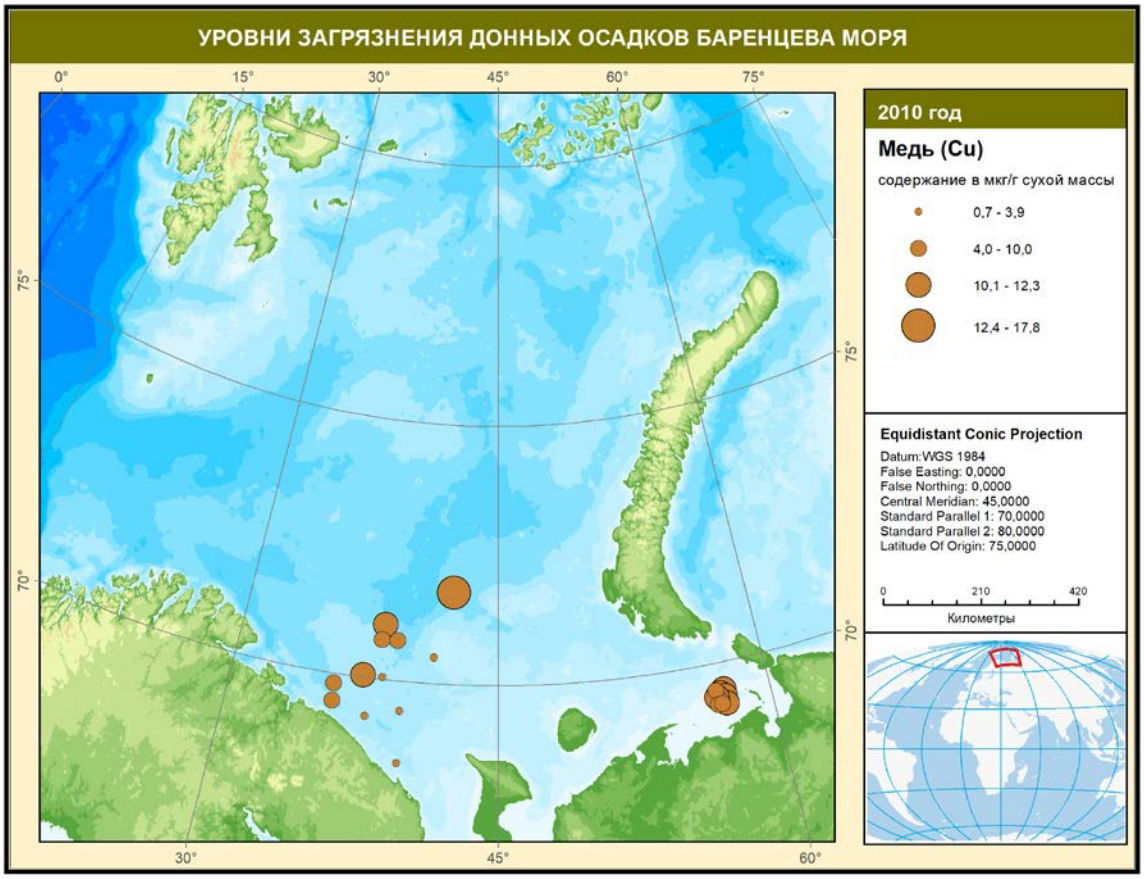

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2005 год
Медь (Cu)
содержание в мкг/г сухой массы
5,2 - 12,9
13,0 - 17,4
17,5 - 20,1
20,2 - 24,6
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

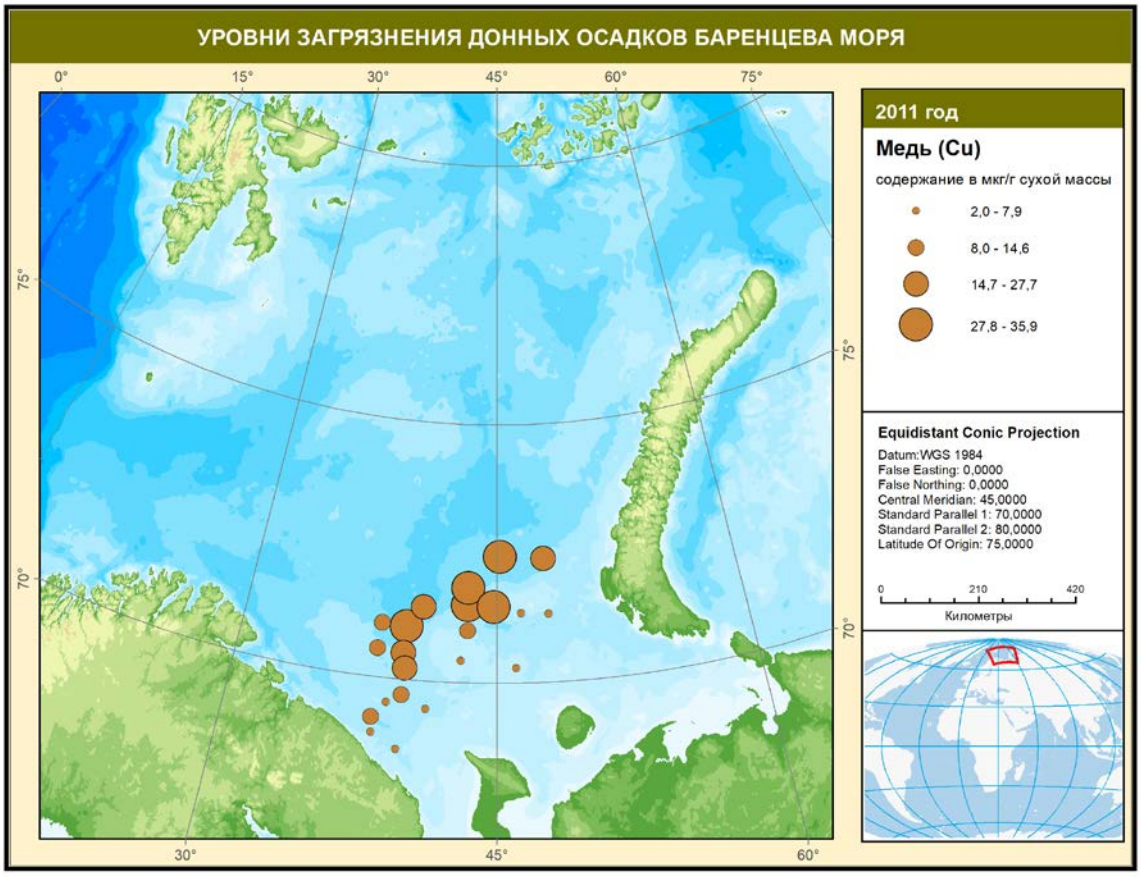

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2006 год
Медь (Cu)
содержание в мкг/г сухой массы
0,7 - 7,8
7,9 - 13,2
13,3 - 18,1
18,2 - 26,4
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

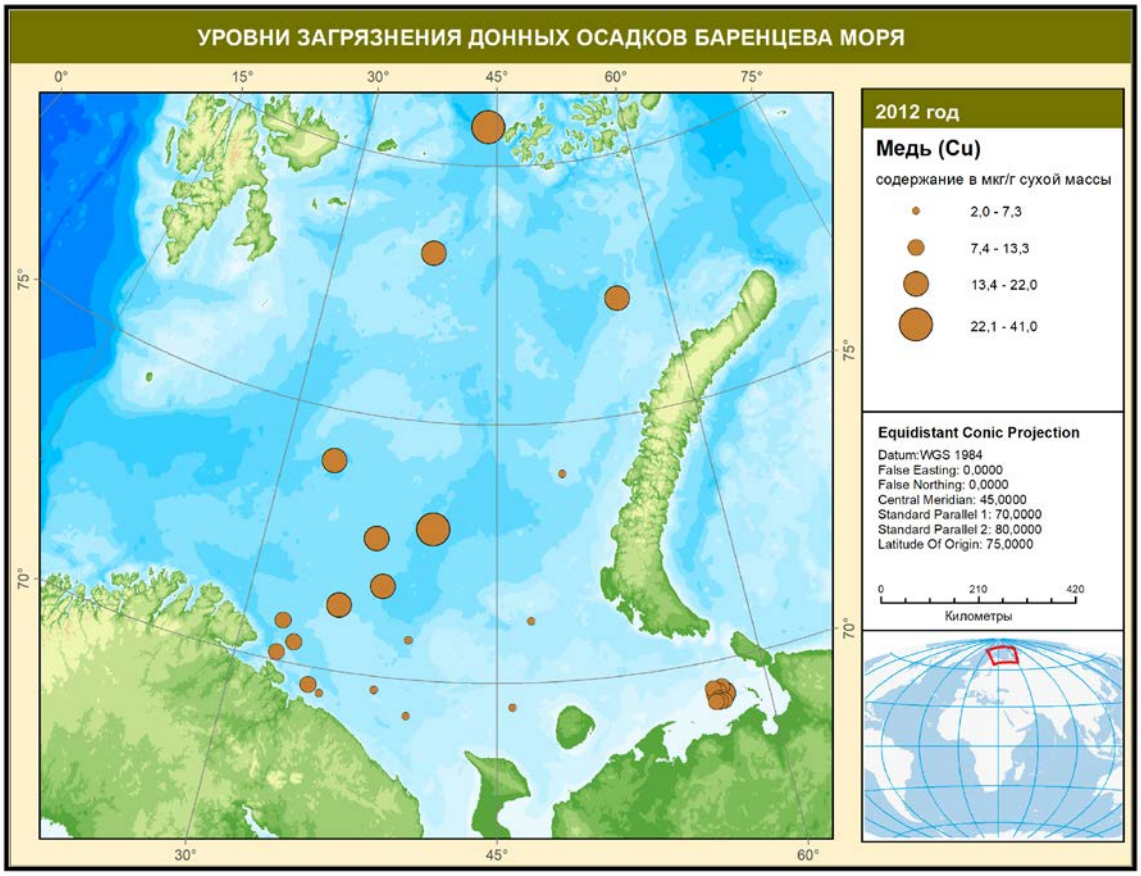
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
п-ов Рыбачий
Мотовский залив
2007 год
Медь (Cu)
содержание в мкг/г сухой массы
14,7
24,7
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

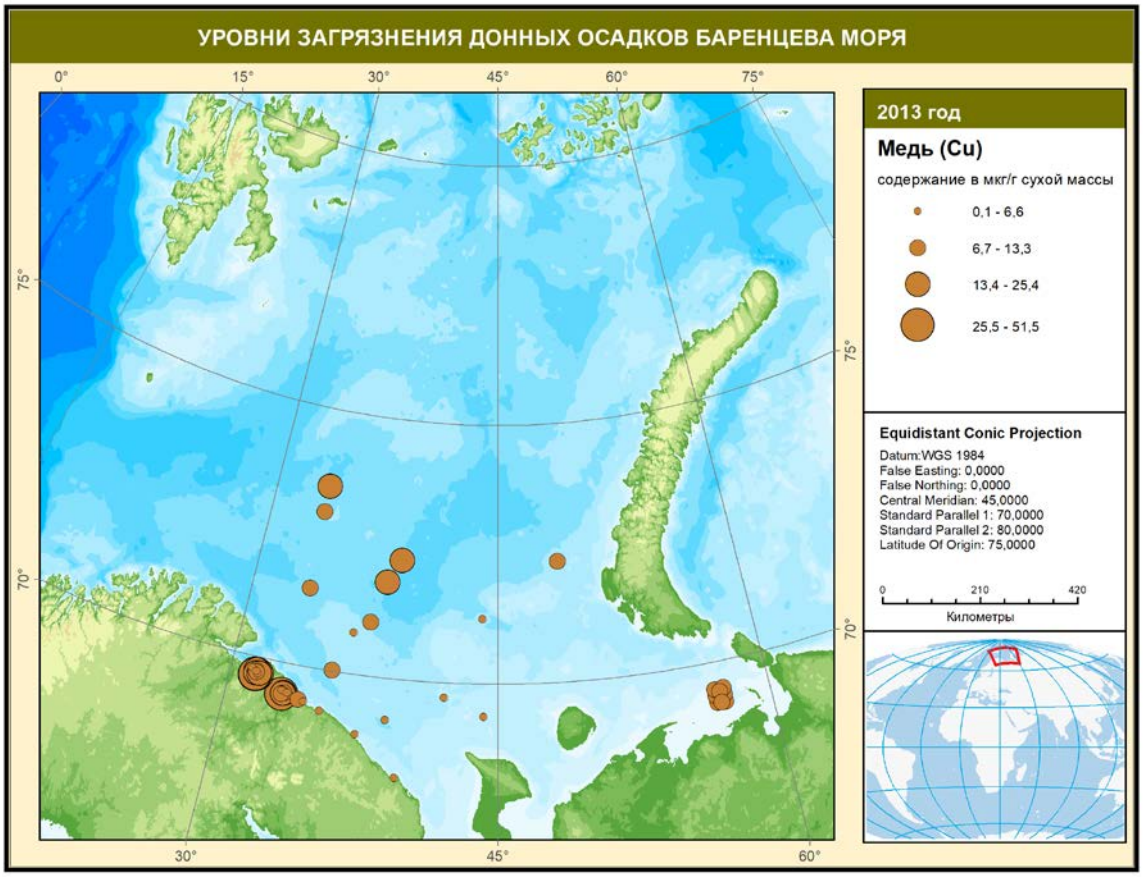
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2008 год
Медь (Cu)
содержание в мкг/г сухой массы
9,3 - 9,6
9,7 - 15,6
15,7 - 19,3
19,4 - 22,6
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

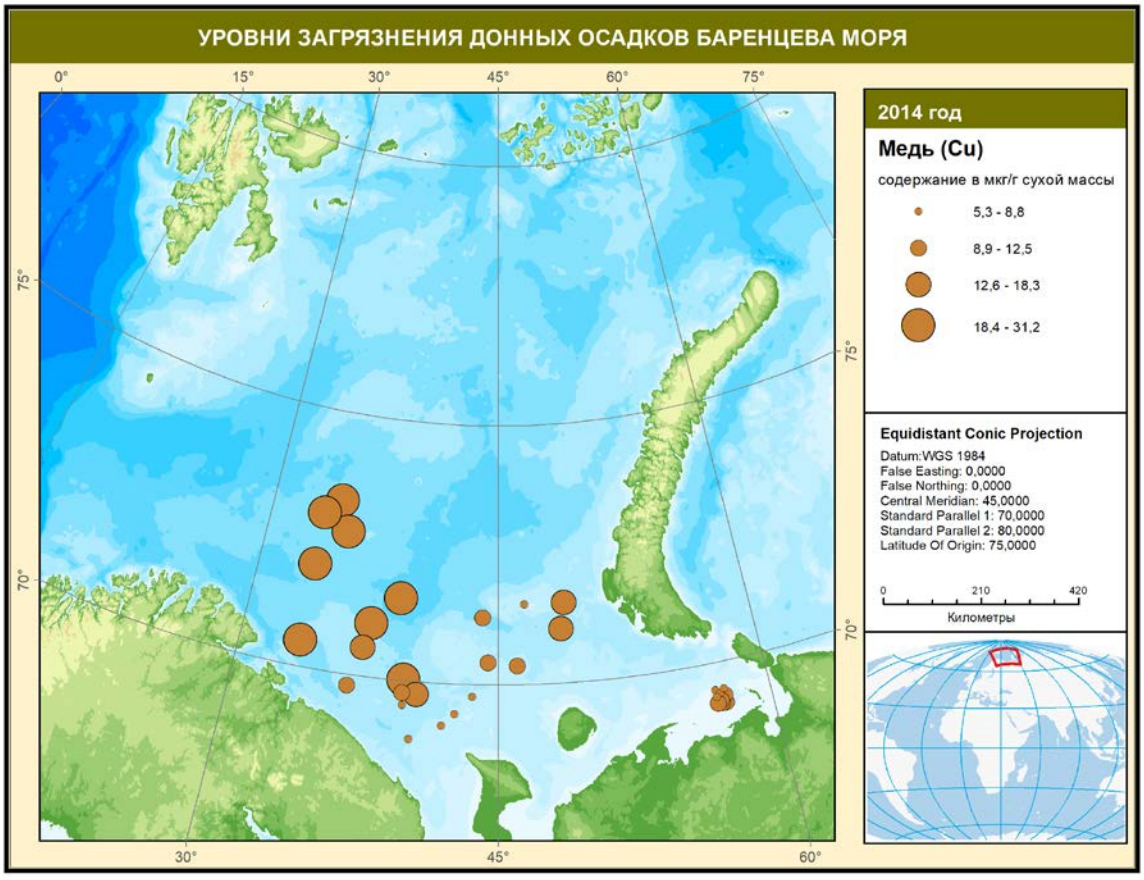

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2009 год
Медь (Cu)
содержание в мкг/г сухой массы
3,0 - 4,6
4,7 - 10,5
10,6 - 15,8
15,9 - 25,7
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

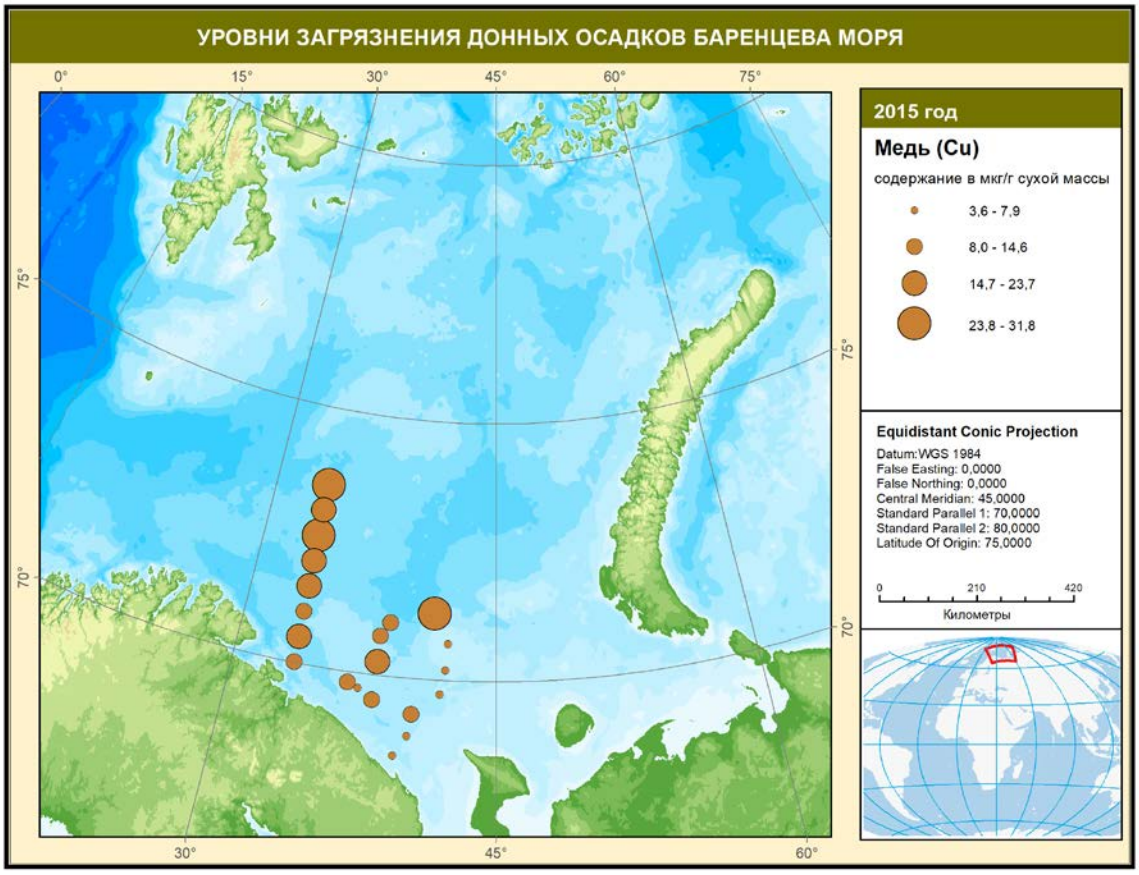

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2010 год
Медь (Cu)
содержание в мкг/г сухой массы
0,7 - 3,9
4,0 - 10,0
10,1 - 12,3
12,4 - 17,8
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

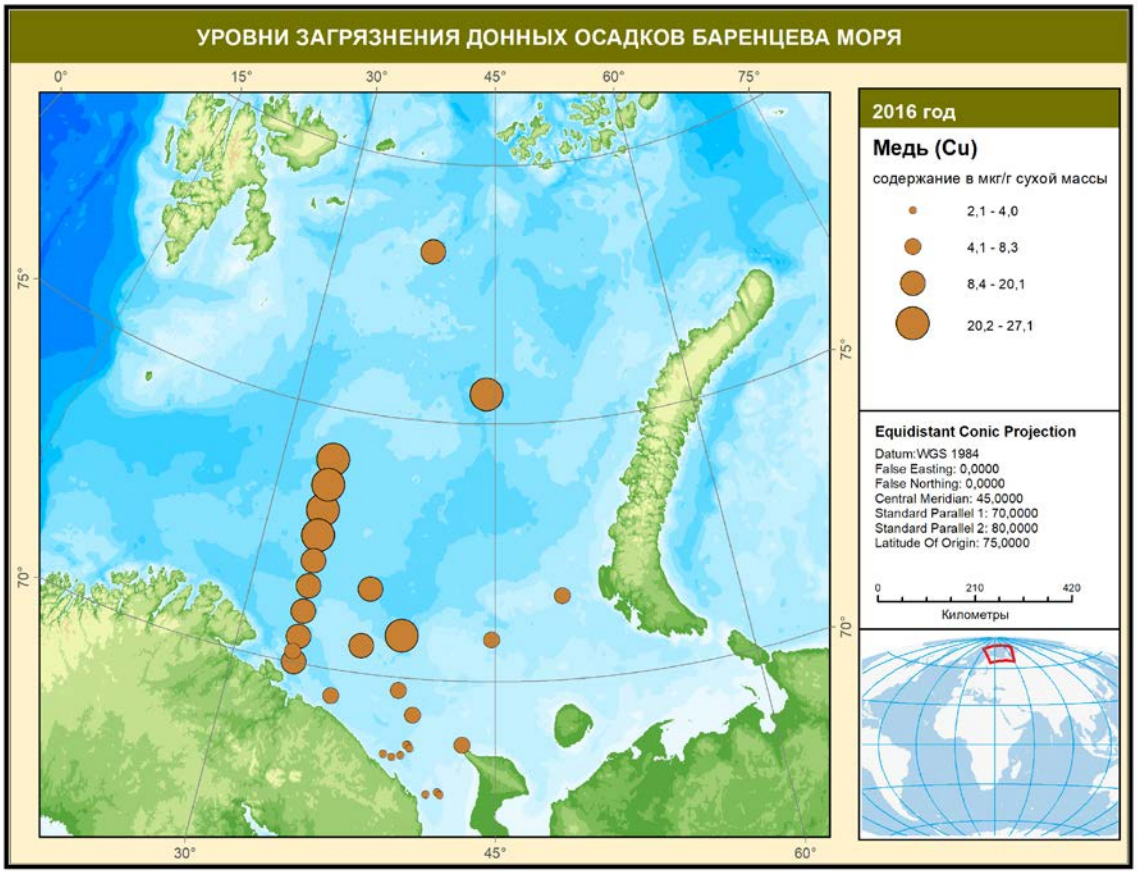

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2011 год
Медь (Cu)
содержание в мкг/г сухой массы
2,0 - 7,9
8,0 - 14,6
14,7 - 27,7
27,8 - 35,9
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2012 год
Медь (Cu)
содержание в мкг/г сухой массы
2,0 - 7,3
7,4 - 13,3
13,4 - 22,0
22,1 - 41,0
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

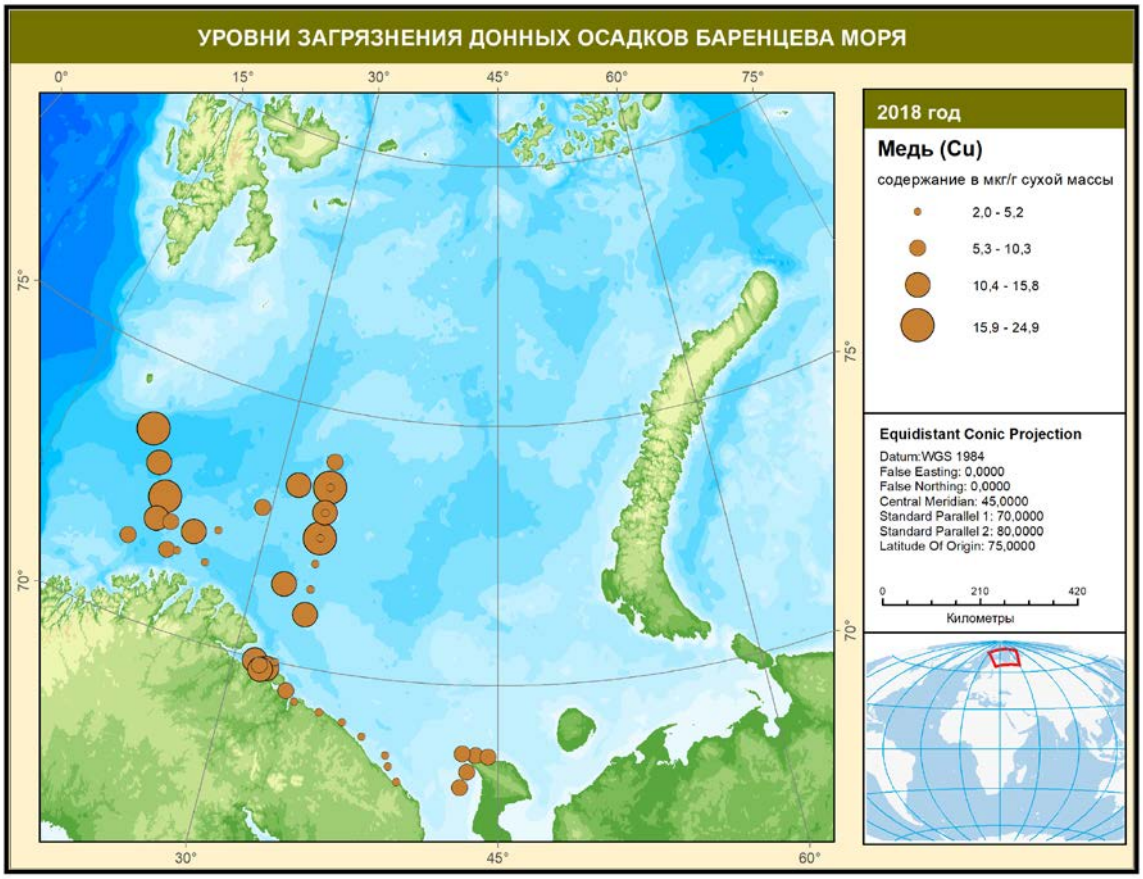

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2013 год
Медь (Cu)
содержание в мкг/г сухой массы
0,1 - 6,6
6,7 - 13,3
13,4 - 25,4
25,5 - 51,5
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2014 год
Медь (Cu)
содержание в мкг/г сухой массы
5,3 - 8,8
8,9 - 12,5
12,6 - 18,3
18,4 - 31,2
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2015 год
Медь (Cu)
содержание в мкг/г сухой массы
3,6 - 7,9
8,0 - 14,6
14,7 - 23,7
23,8 - 31,8
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2016 год
Медь (Cu)
содержание в мкг/г сухой массы
2,1 - 4,0
4,1 - 8,3
8,4 - 20,1
20,2 - 27,1
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2017 год
Медь (Cu)
содержание в мкг/г сухой массы
0,5 - 3,7
3,8 - 9,8
9,9 - 17,1
17,2 - 34,7
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2018 год
Медь (Cu)
содержание в мкг/г сухой массы
2,0 - 5,2
5,3 - 10,3
10,4 - 15,8
15,9 - 24,9
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

Ртуть

К природным источникам поступления ртути в водоемы относятся процессы выветривания горных пород, а также земная и подводная вулканическая деятельность (Химия окружающей среды, 1982). В поверхностные воды соединения ртути могут также попадать в результате выщелачивания пород в районе ртутных месторождений, в процессе разложения водных организмов, накапливающих ртуть в числе других элементов из водной среды. Значительное количество ртути попадает в водоемы со сточными водами заводов, производящих красители, химикаты, а также фармацевтические препараты и некоторые взрывчатые вещества; при использовании в сельском хозяйстве в составе инсектицидов и фунгицидов (Резников, Муликовская, Соколов, 1970; Руководство по химическому..., 1977).

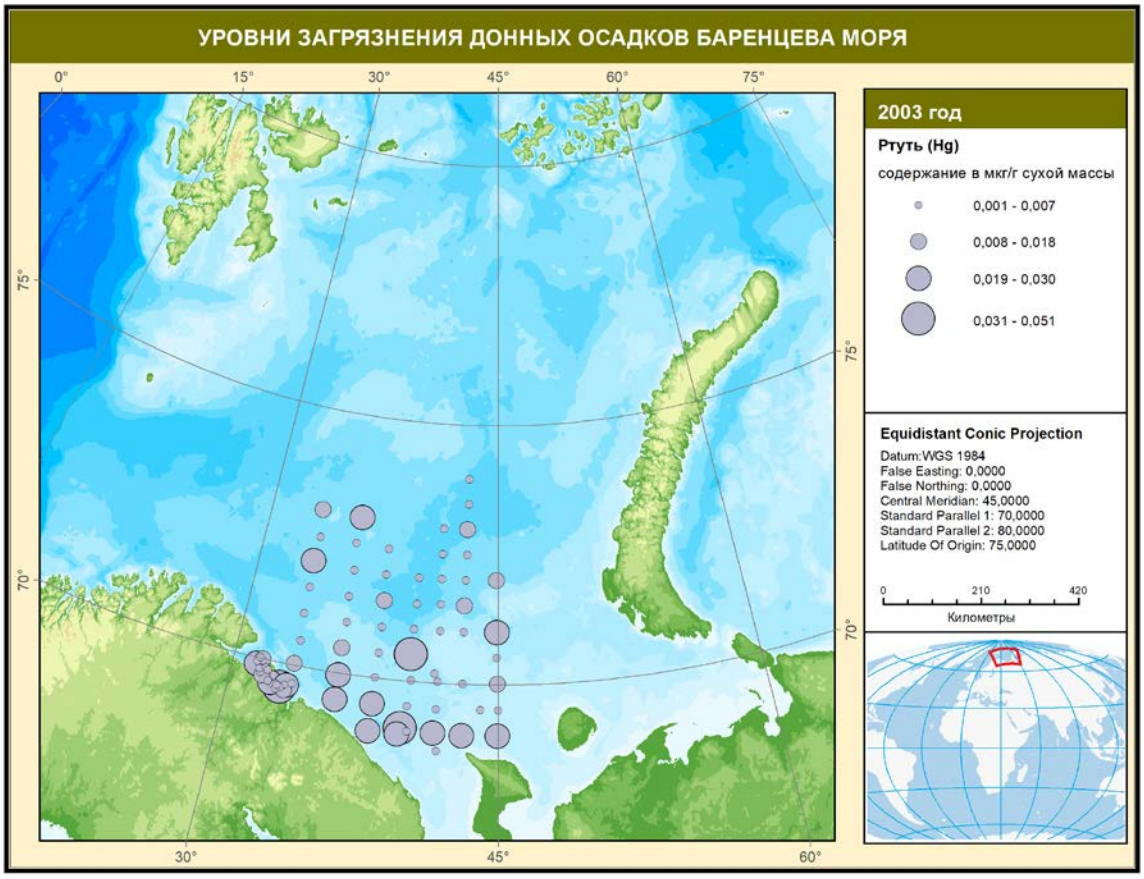
Хотя природные источники вносят основной вклад в загрязнение окружающей среды, доля ртути, попадающей в среду в результате антропогенной деятельности, значительно увеличивается. Основными антропогенными источниками ртути в природных водах являются сжигание ископаемого топлива, электротехническая промышленность и выбросы промышленных предприятий, из которых наиболее важны сбросы с хлорощелочных заводов (Израэль, Цыбань, 2009).

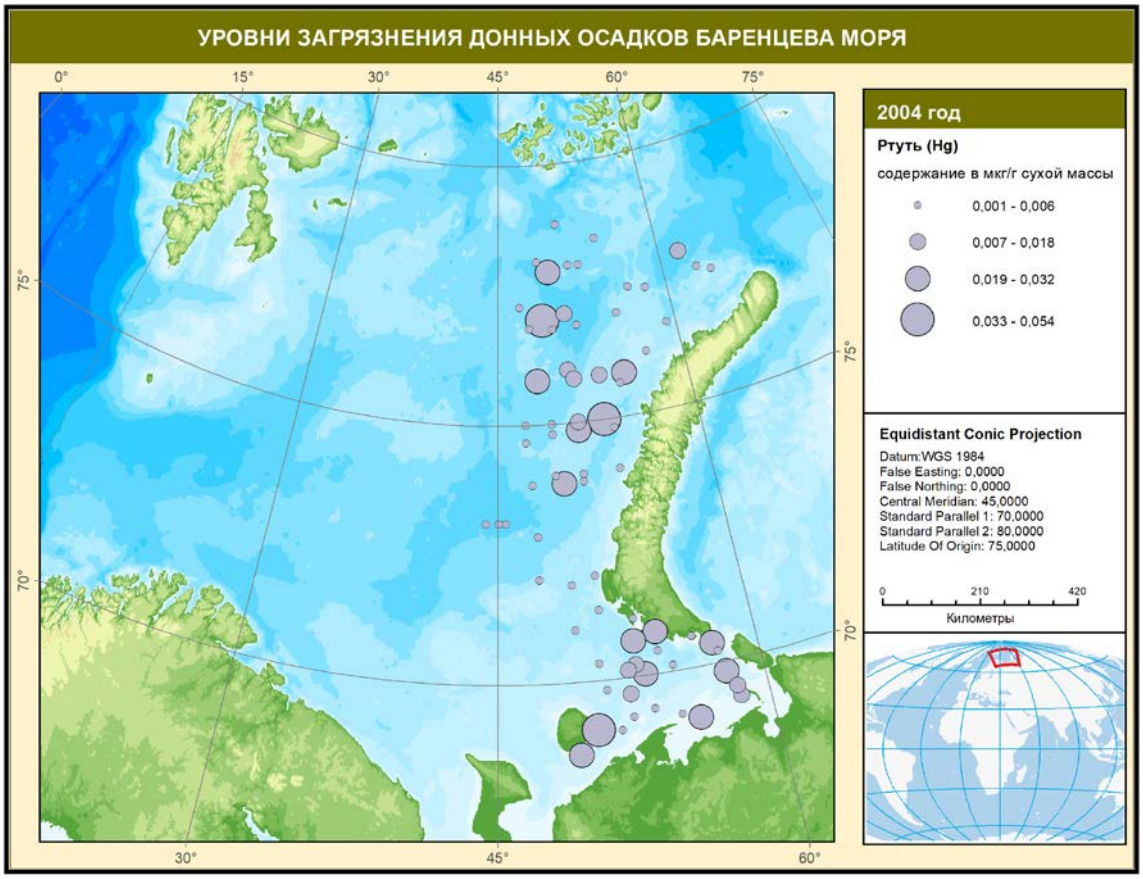
Ртуть характеризуется малым временем пребывания в воде и быстро переходит в отложения в виде соединений с органическими веществами. Поскольку ртуть адсорбируется отложениями, она может медленно освобождаться и растворяться в воде, что приводит к образованию вторичных источников хронического загрязнения, действующего длительное время после того, как исчезнет первоначальный источник (Химия окружающей среды, 1982). Поступая в атмосферу с промышленными выбросами, в результате сгорания топлива различных видов, с пылью, поднятой ветром, продуктами вулканической деятельности, ртуть переносится воздушными потоками на большие расстояния и оседает на поверхности Земли в виде частиц или с атмосферными осадками. Поэтому основным фактором, определяющим степень антропогенного воздействия ртути на арктические регионы, является глобальный атмосферный перенос и выпадение на подстилающую поверхность (Диагностический анализ состояния…, 2011).

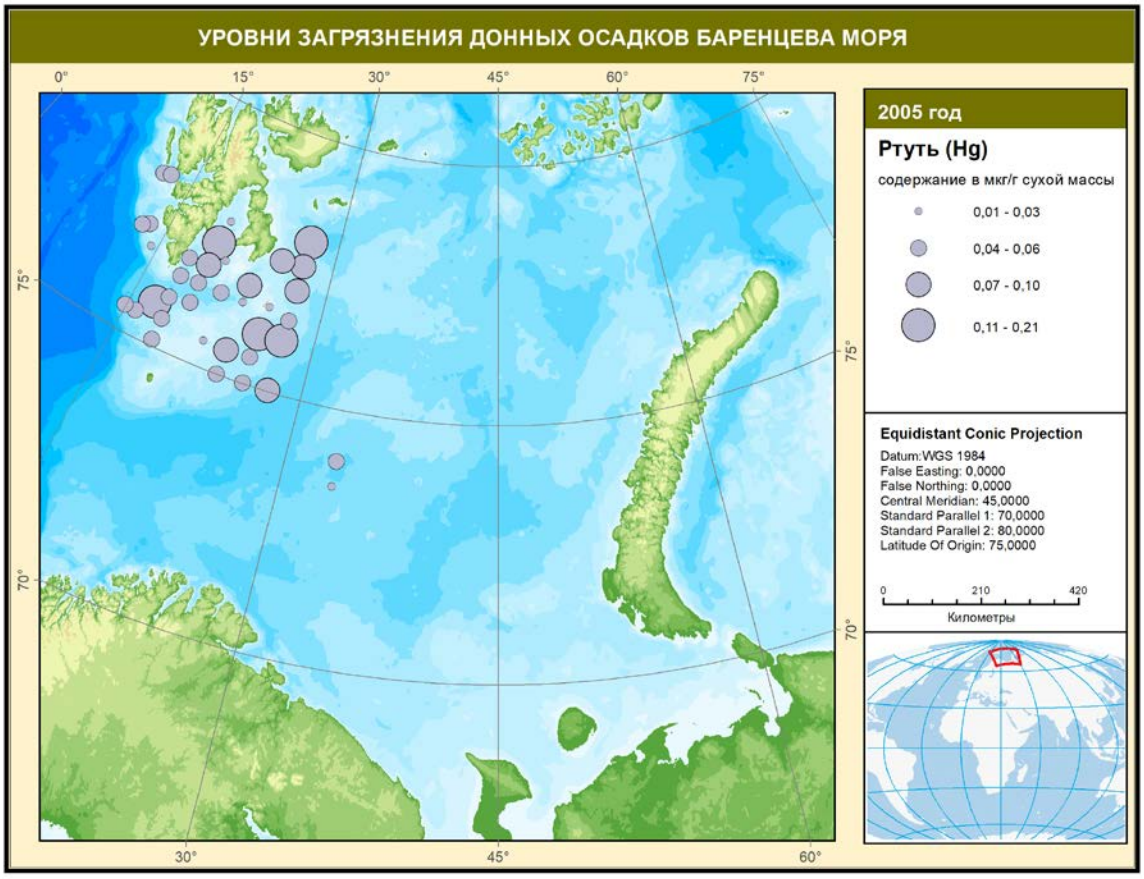
Для Восточно-Тихоокеанского поднятия показано, что незагрязненные морские донные отложения обычно содержат ртуть в количествах от 0,02 до 0,24 мкг/г сухой массы. Донные отложения, загрязненные природными источниками, обычно содержат менее 1 мкг/г ртути (Мур, Рамамурти, 1987).

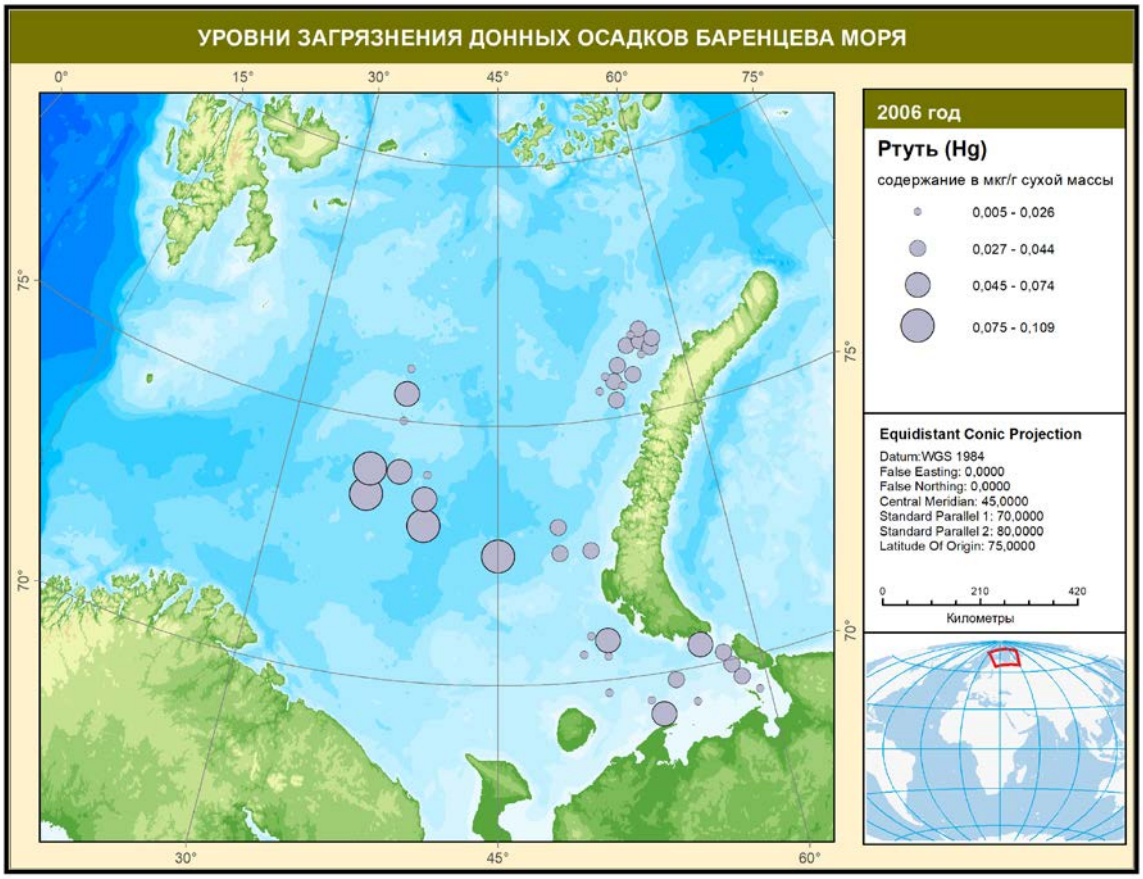
О среднем содержании ртути в донных отложениях арктических морей России известно, что в Баренцевом море оно составляет 0,058 мкг/г (Новиков, 2017), в отложениях Чукотского моря – 0,034 мкг/г сухой массы осадка (Литохимическая типизация обстановок..., 2013).

Ниже приводятся карты содержания ртути (Hg) в 2003-2018 гг.

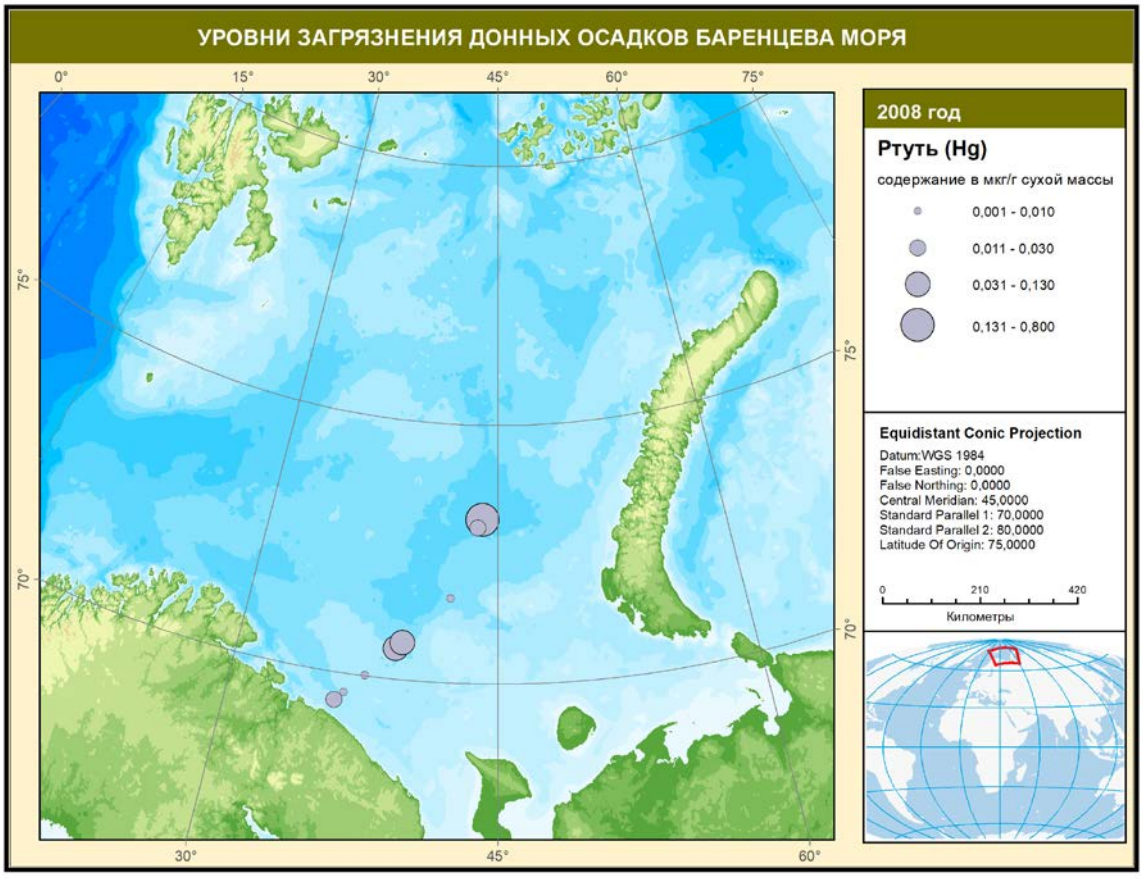

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2003 год
Ртуть (Hg)
содержание в мкг/г сухой массы
0,001 - 0,007
0,008 - 0,018
0,019 - 0,030
0,031 - 0,051
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

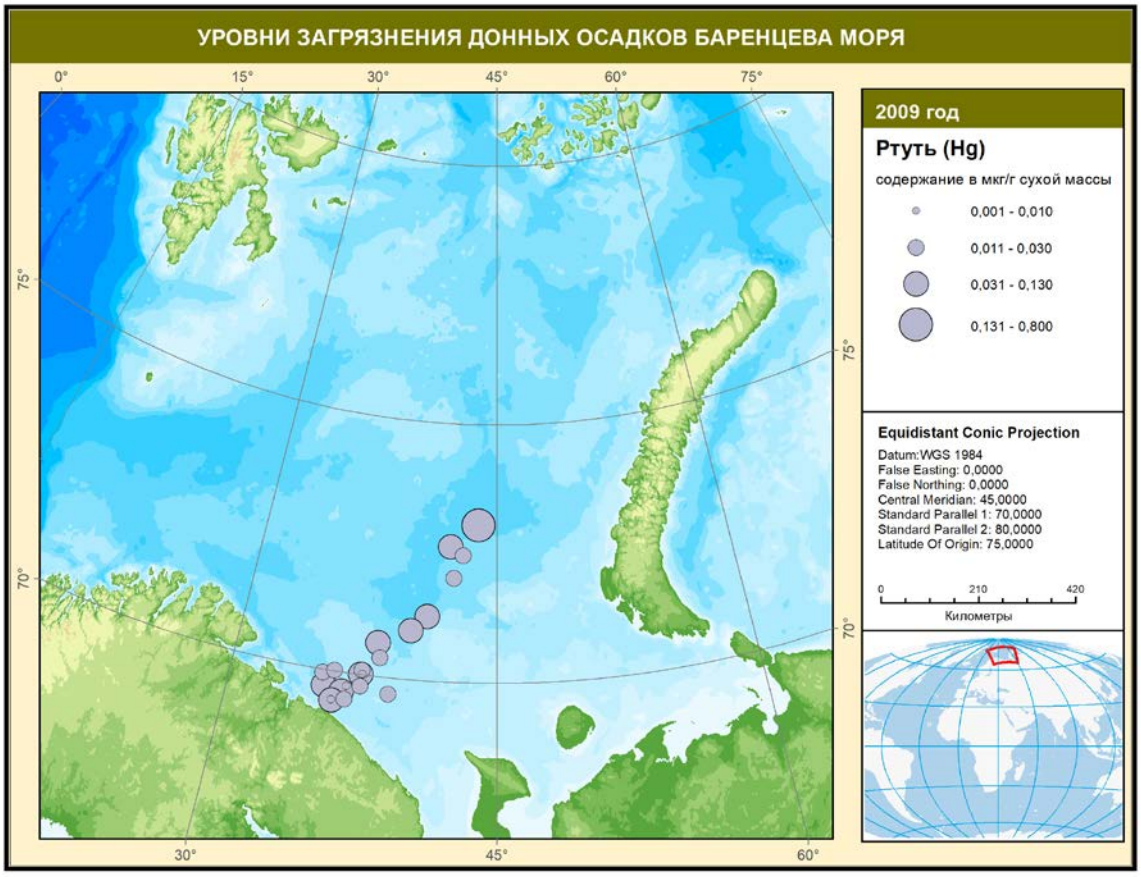

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2004 год
Ртуть (Hg)
содержание в мкг/г сухой массы
0,001 - 0,006
0,007 - 0,018
0,019 - 0,032
0,033 - 0,054
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

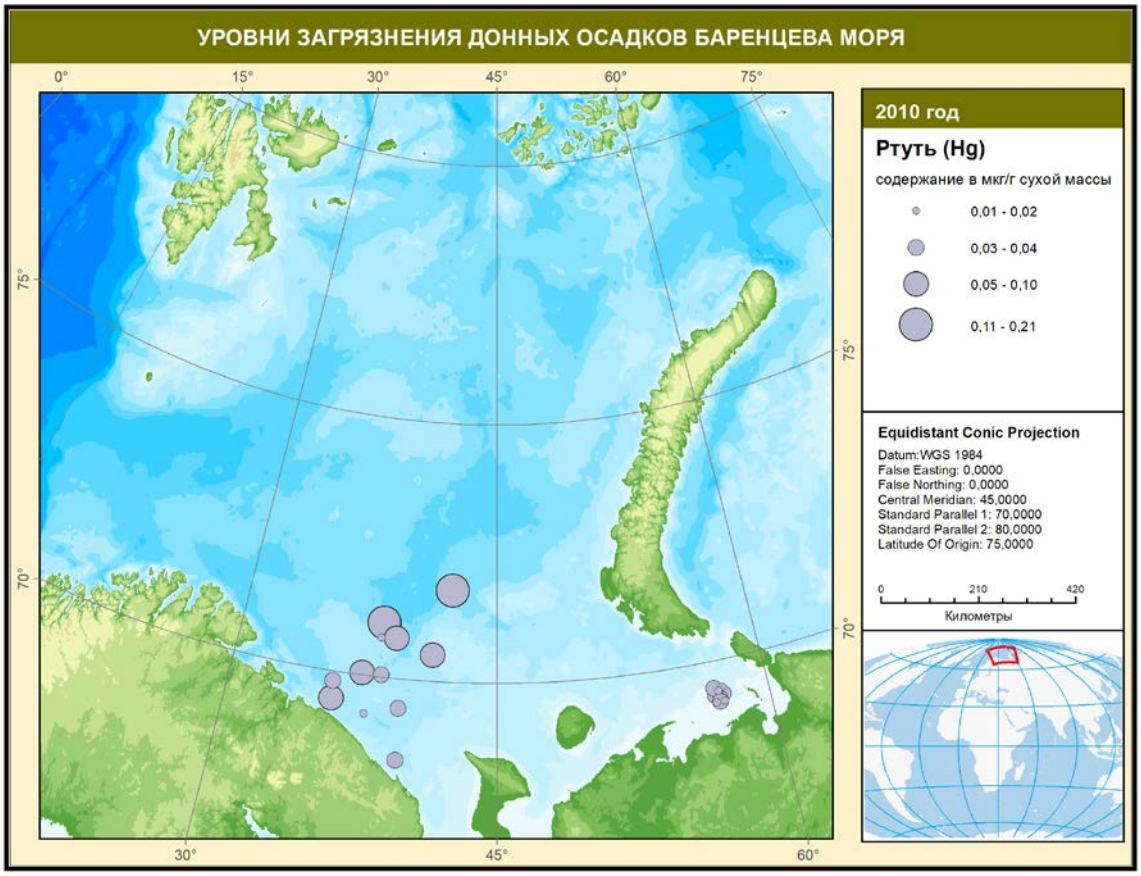

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2005 год
Ртуть (Hg)
содержание в мкг/г сухой массы
0,01 - 0,03
0,04 - 0,06
0,07 - 0,10
0,11 - 0,21
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

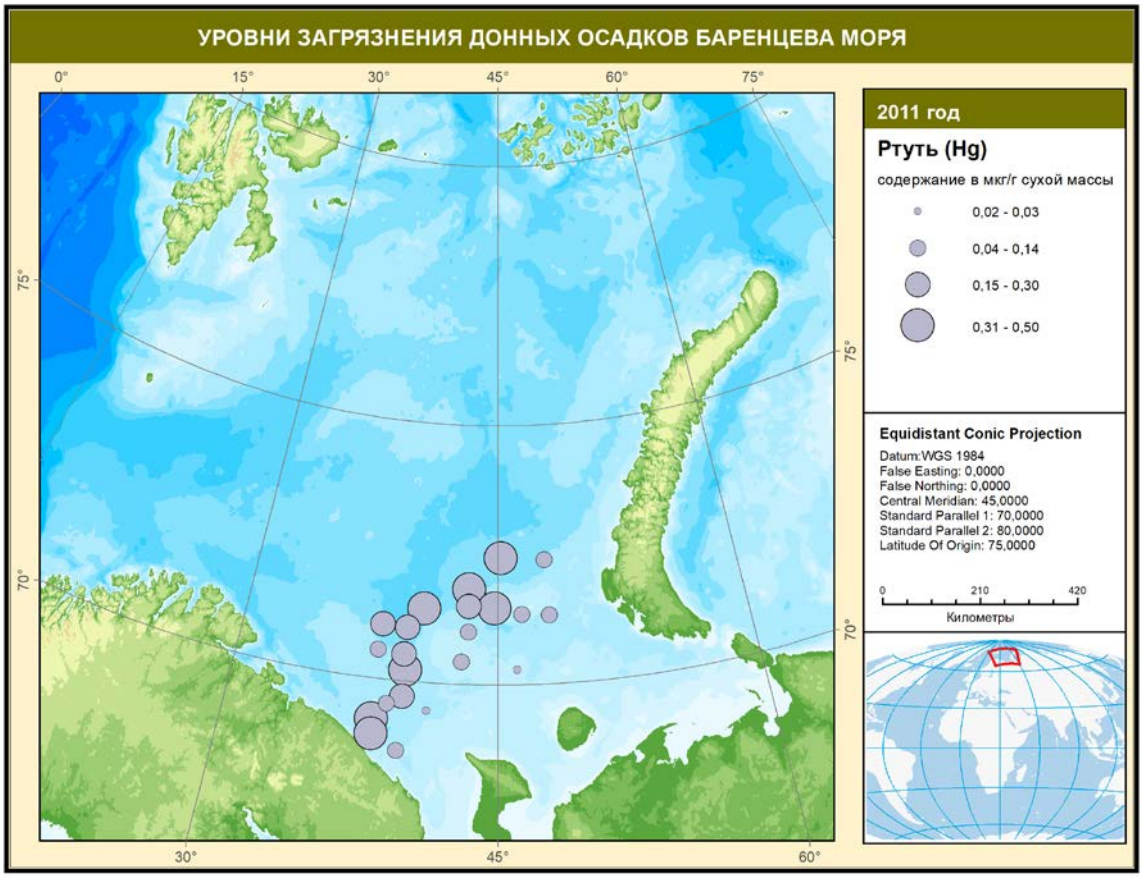

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2006 год
Ртуть (Hg)
содержание в мкг/г сухой массы
0,005 - 0,026
0,027 - 0,044
0,045 - 0,074
0,075 - 0,109
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

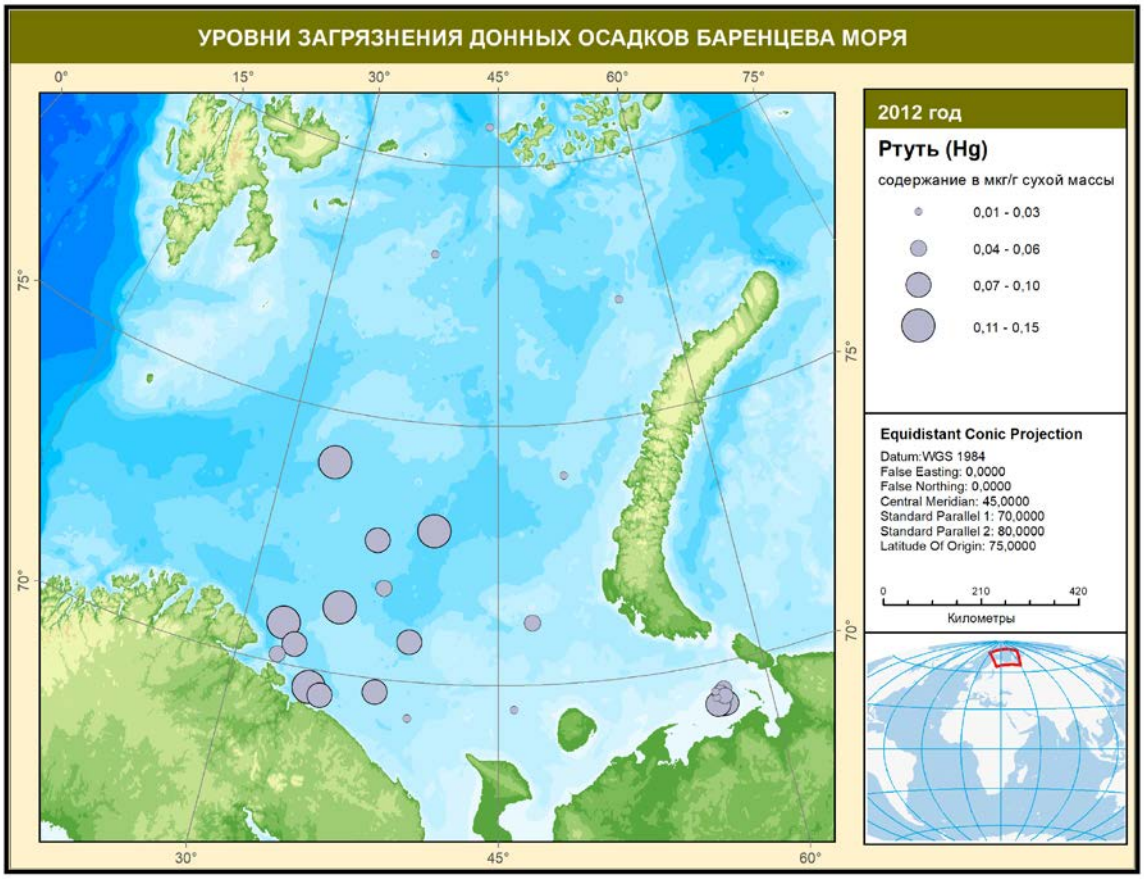
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
п-ов Рыбачий
Мотовский залив
2007 год
Ртуть (Hg)
содержание в мкг/г сухой массы
0,010
0,012
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

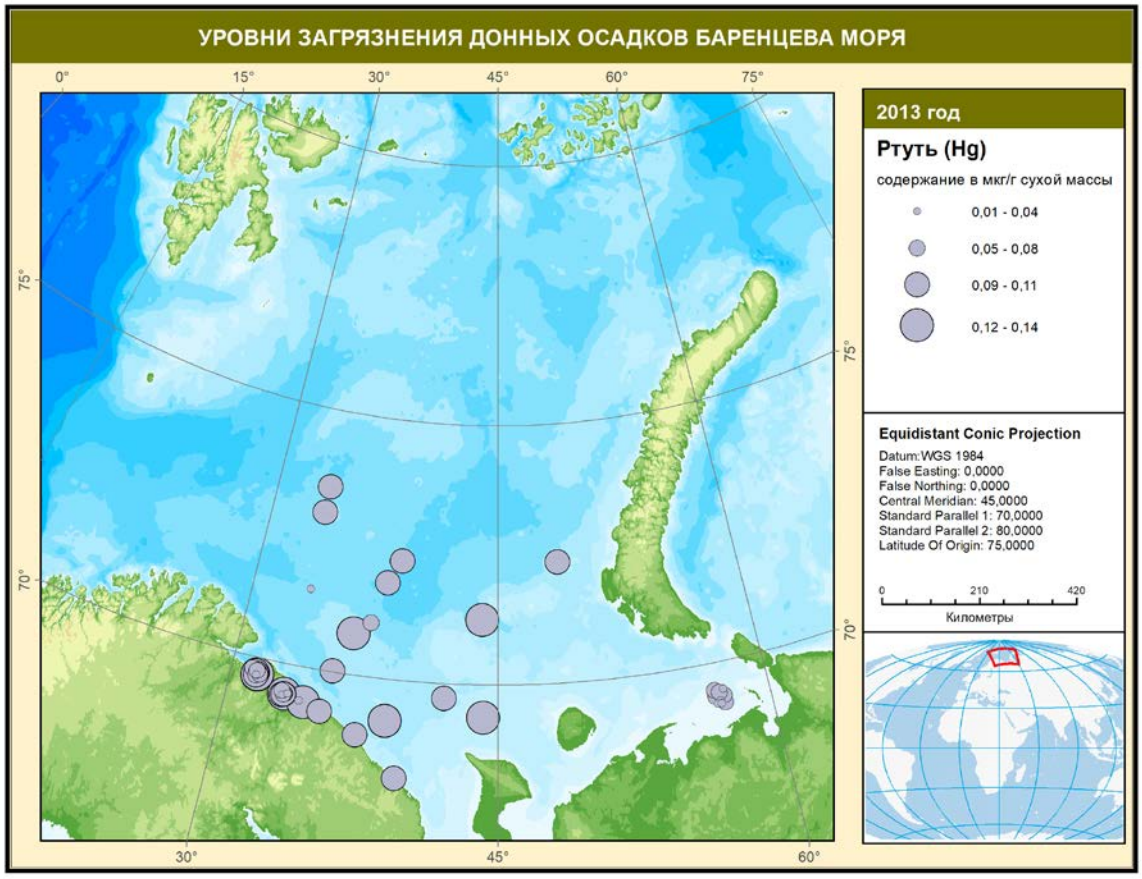

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2008 год
Ртуть (Hg)
содержание в мкг/г сухой массы
0,001 - 0,010
0,011 - 0,030
0,031 - 0,130
0,131 - 0,800
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

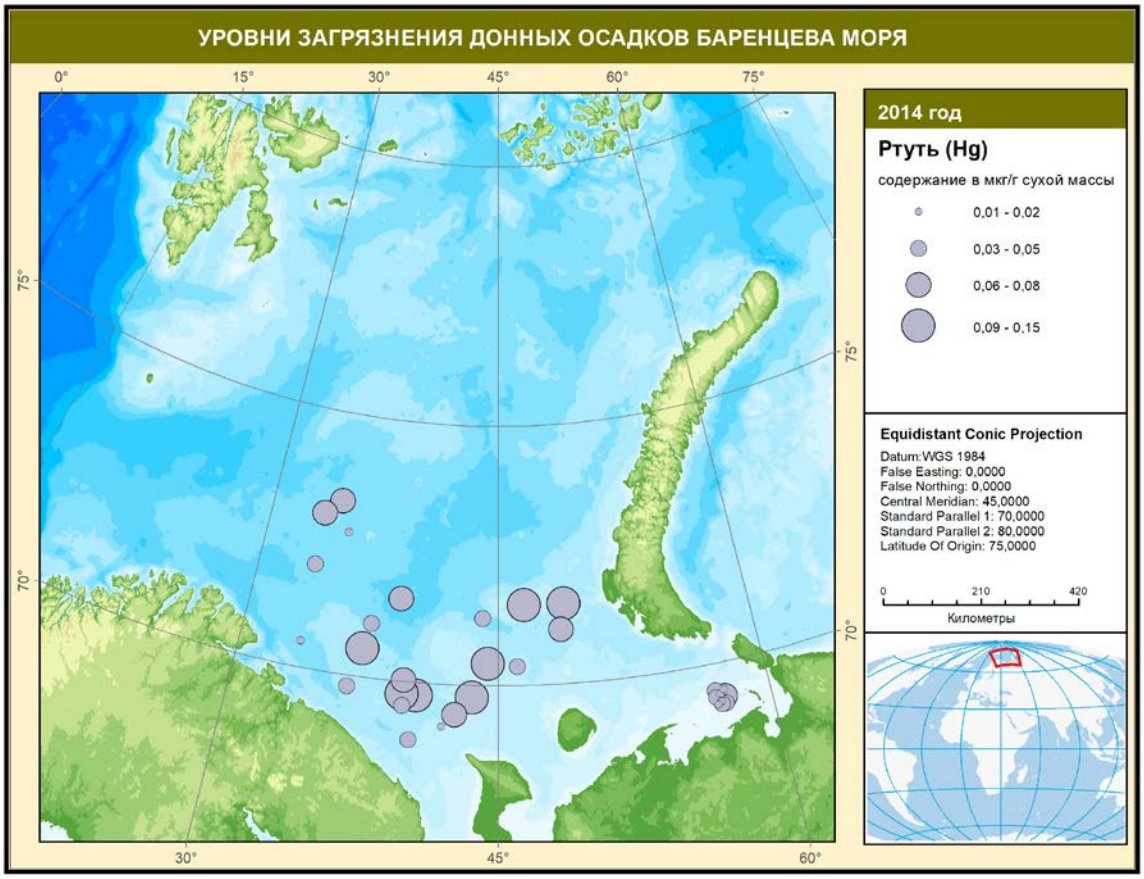

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2009 год
Ртуть (Hg)
содержание в мкг/г сухой массы
0,001 - 0,010
0,011 - 0,030
0,031 - 0,130
0,131 - 0,800
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

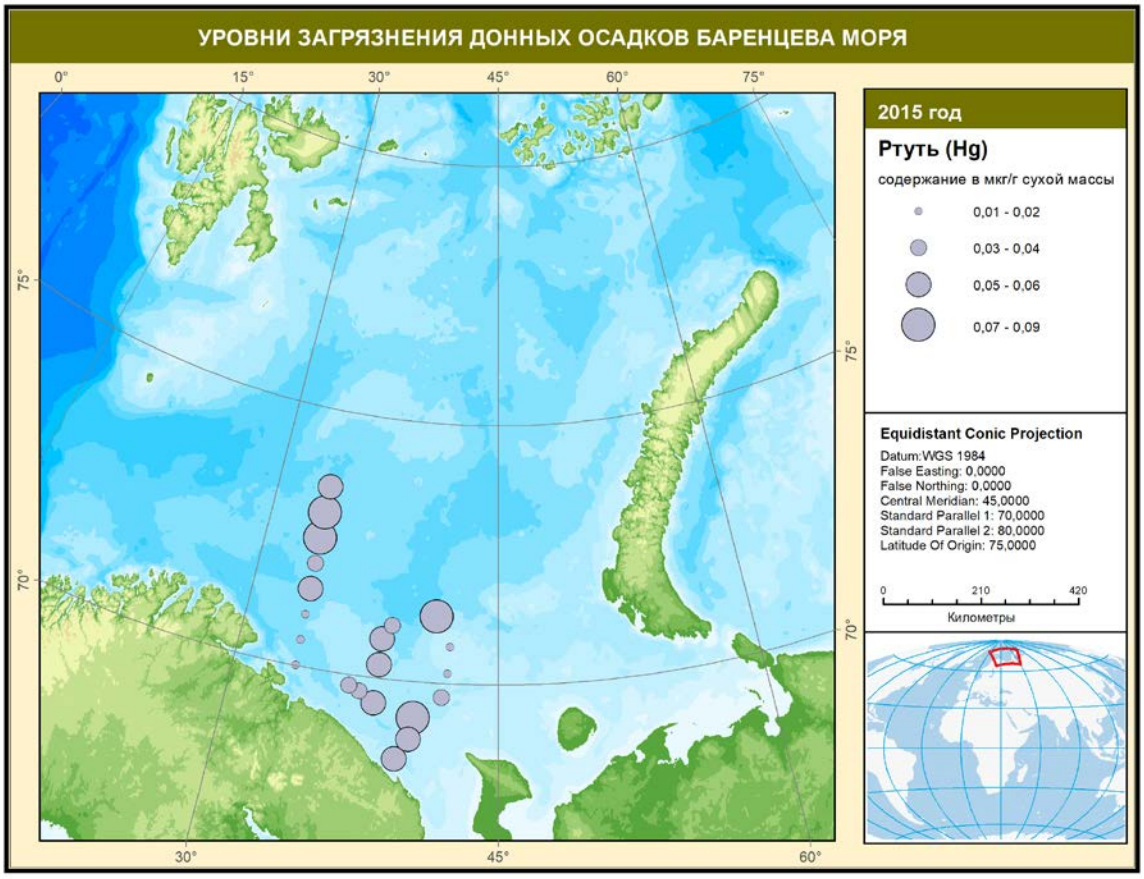

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2010 год
Ртуть (Hg)
содержание в мкг/г сухой массы
0,01 - 0,02
0,03 - 0,04
0,05 - 0,10
0,11 - 0,21
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

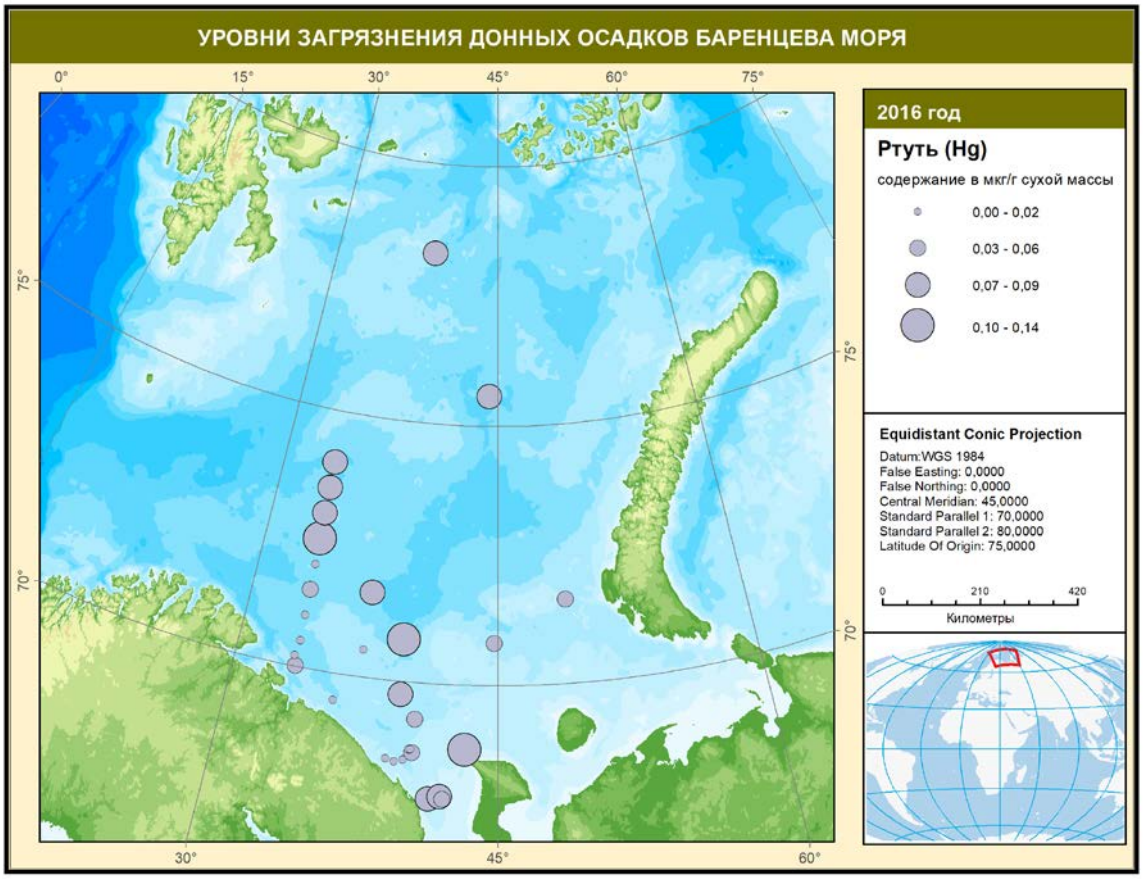

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2011 год
Ртуть (Hg)
содержание в мкг/г сухой массы
0,02 - 0,03
0,04 - 0,14
0,15 - 0,30
0,31 - 0,50
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

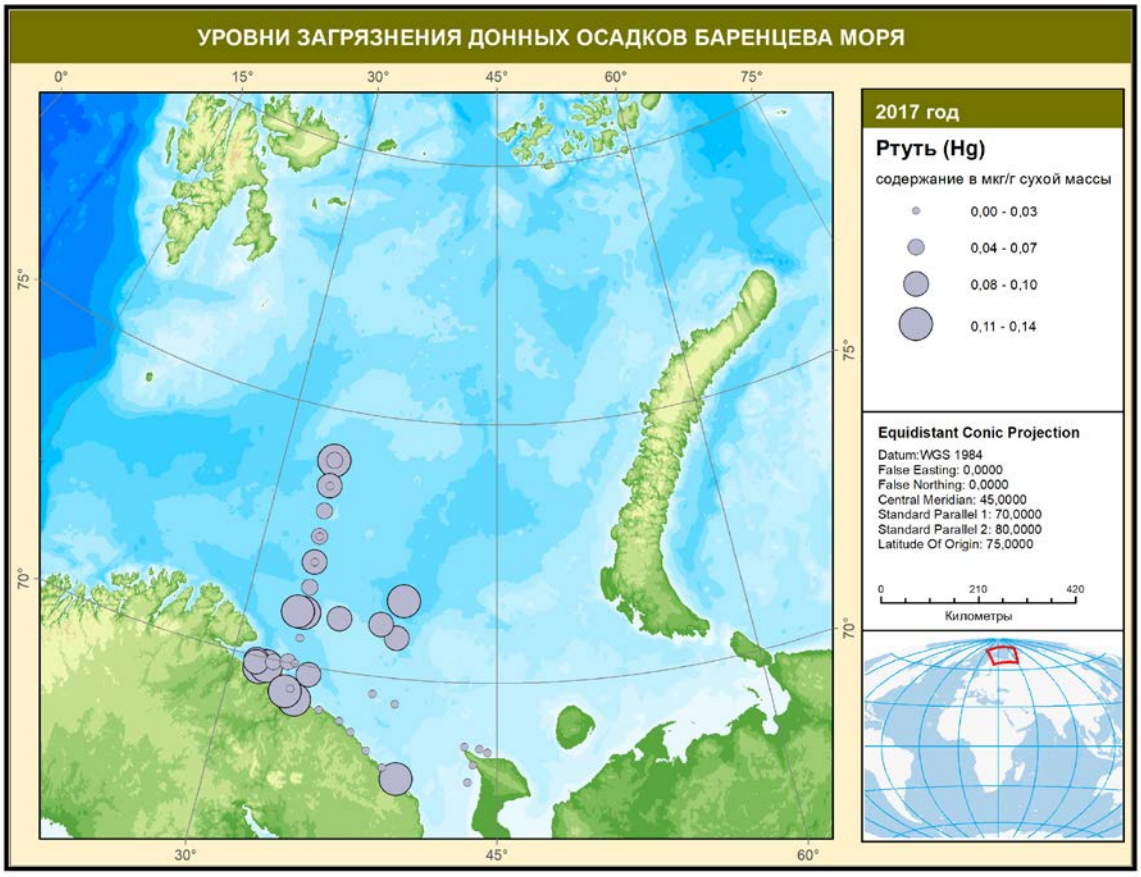

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2012 год
Ртуть (Hg)
содержание в мкг/г сухой массы
0,01 - 0,03
0,04 - 0,06
0,07 - 0,10
0,11 - 0,15
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

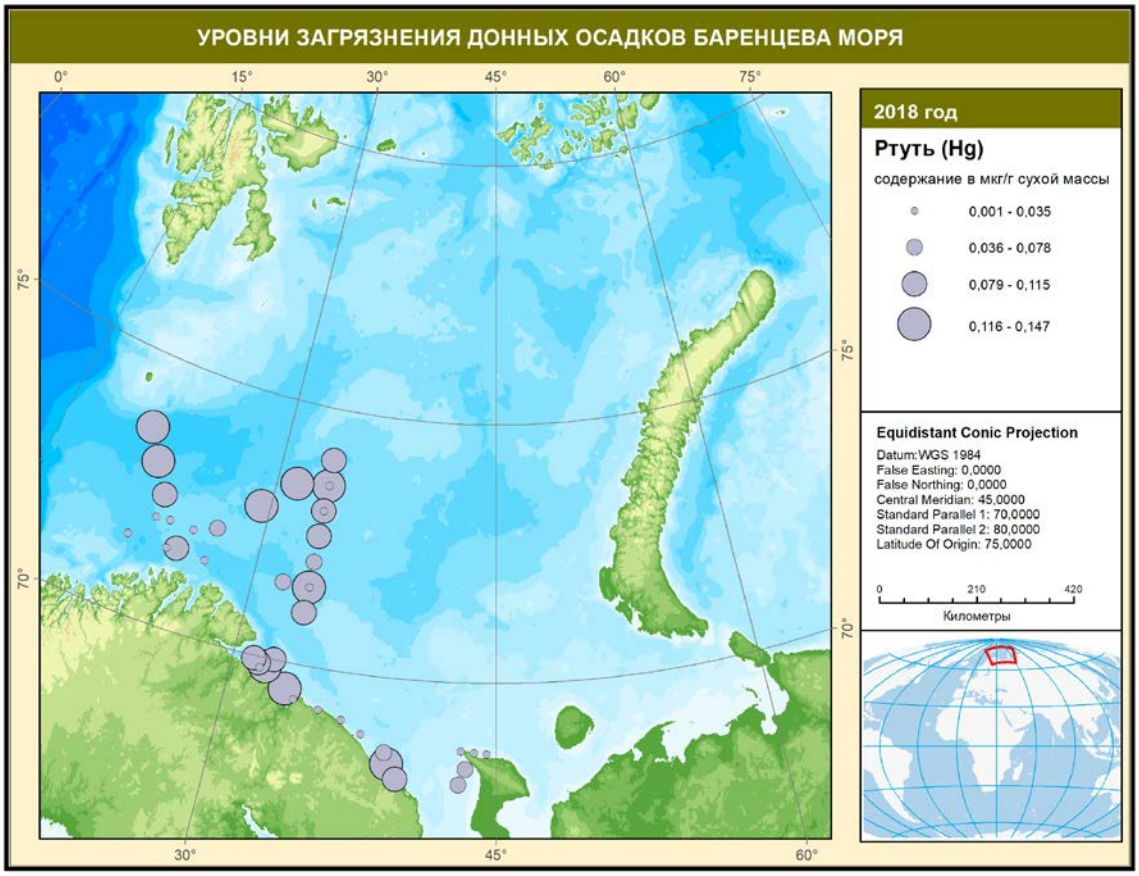

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2013 год
Ртуть (Hg)
содержание в мкг/г сухой массы
0,01 - 0,04
0,05 - 0,08
0,09 - 0,11
0,12 - 0,14
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2014 год
Ртуть (Hg)
содержание в мкг/г сухой массы
0,01 - 0,02
0,03 - 0,05
0,06 - 0,08
0,09 - 0,15
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2015 год
Ртуть (Hg)
содержание в мкг/г сухой массы
0,01 - 0,02
0,03 - 0,04
0,05 - 0,06
0,07 - 0,09
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2016 год
Ртуть (Hg)
содержание в мкг/г сухой массы
0,00 - 0,02
0,03 - 0,06
0,07 - 0,09
0,10 - 0,14
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2017 год
Ртуть (Hg)
содержание в мкг/г сухой массы
0,00 - 0,03
0,04 - 0,07
0,08 - 0,10
0,11 - 0,14
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2018 год
Ртуть (Hg)
содержание в мкг/г сухой массы
0,001 - 0,035
0,036 - 0,078
0,079 - 0,115
0,116 - 0,147
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

Никель

Никель является одним из распространенных компонентов, постоянно присутствующих в природных водах. Нахождение никеля обусловлено составом слоев грунта, через которые проходит вода. Например, он обнаруживается в водах рек и озер в местах залегания никельсодержащих горных пород, сульфитных месторождений (Лурье, Рыбникова, 1974). Эродированные почвенные частицы (эоловый перенос) поставляют до 77 % от общего количества никеля, вулканические частицы – до 15 %. Известно также, что тяжелая нефть часто обогащена металлами-примесями, в том числе никелем. В тяжелой нефти содержание ванадия и никеля сопоставимо с его концентрацией в рудах. Так, среднебассейновое содержание никеля в тяжелой нефти Тимано-Печорской провинции составляет 0,031 % (Ященко, 2011).

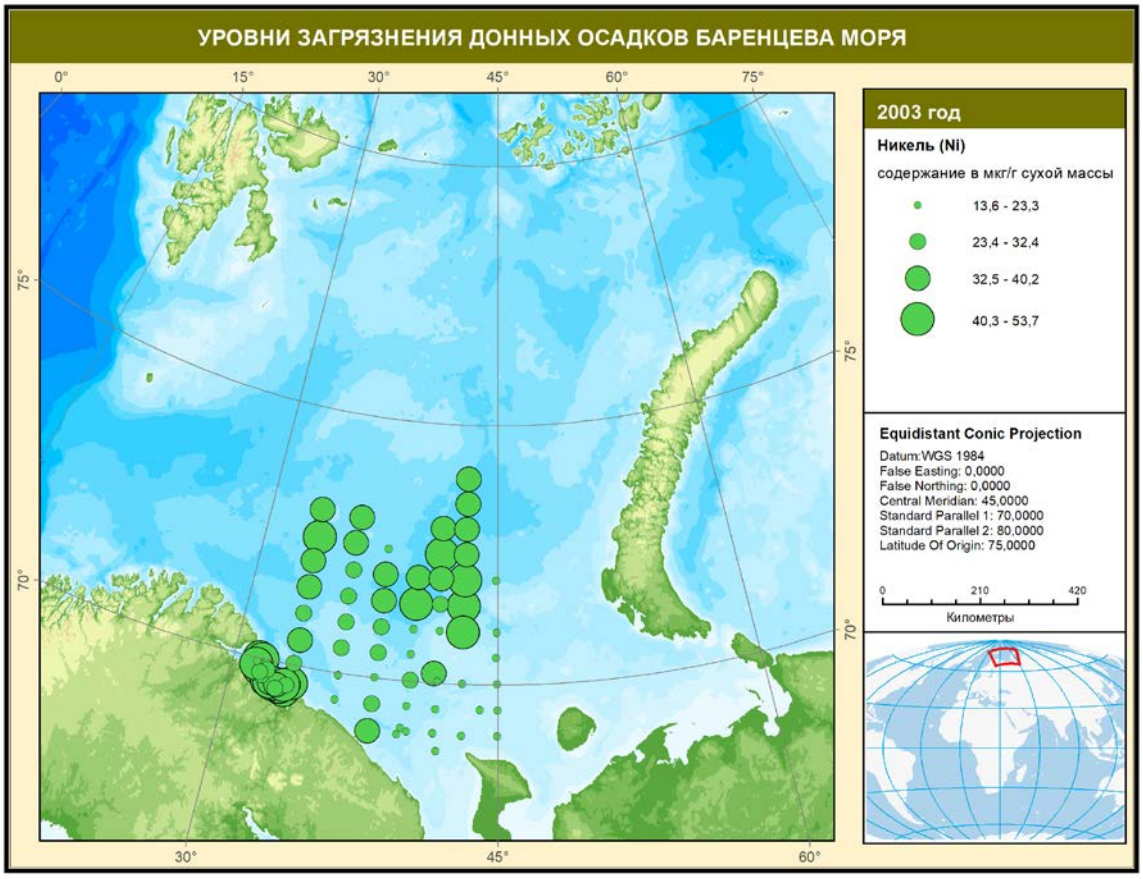
Современное антропогенное поступление никеля в окружающую среду на 180 % превышает природное. Это может приводить к значительному загрязнению окружающей среды. Так, из-за выбрасываемых во внешнюю среду Норильским горно-металлургическим комбинатом загрязнений концентрации никеля в почвах этого региона Арктики достигают экстремально высоких значений, превышающих ПДК в сотни раз – 0,4 % сухой массы (Диагностический анализ состояния…, 2011).

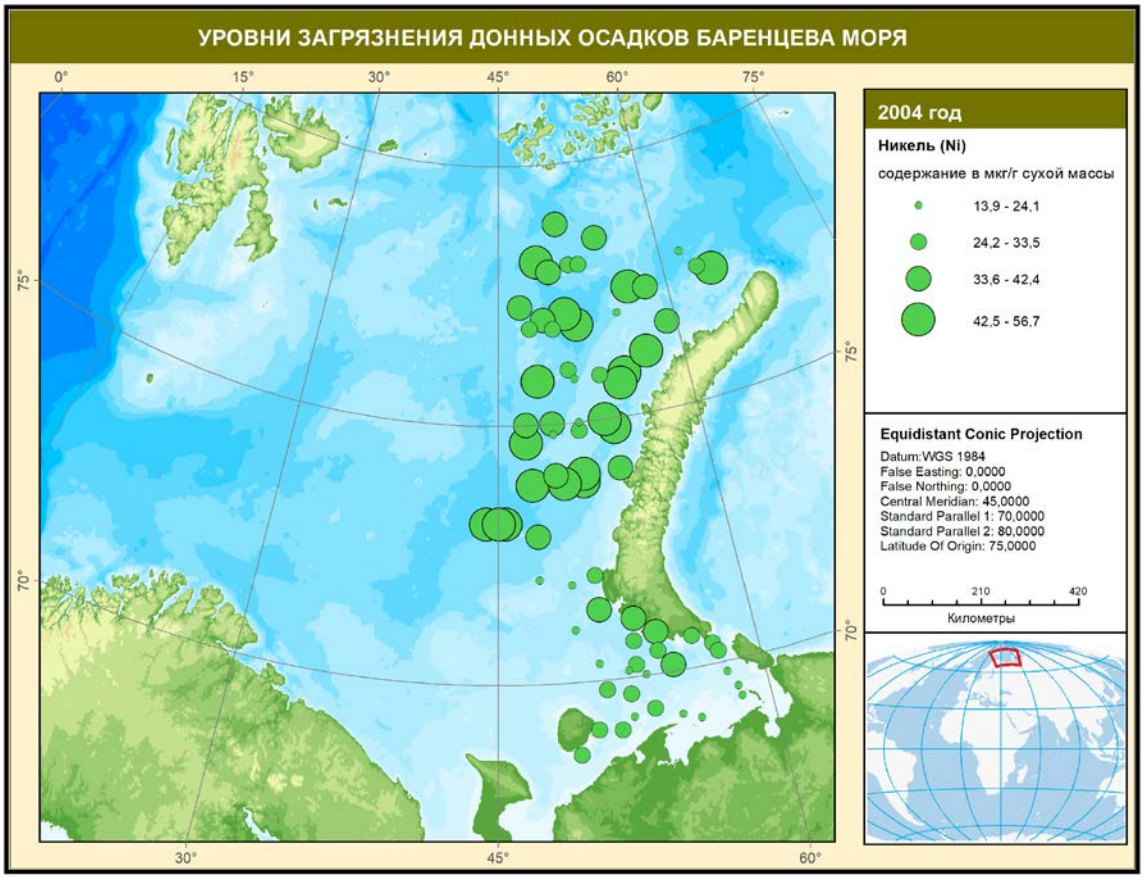
Никель широко применяется в производстве источников тока и гальванических операциях. Он является общепринятым компонентом сплавов, используемых для чеканки монет (Химия окружающей среды, 1982). Соединения никеля выносятся в водоемы со сточными водами цехов никелирования, заводов синтетического каучука, производства электротехники, никелевых обогатительных фабрик и других производств (Руководство по химическому…, 1977). Одним из наиболее серьезных источников загрязнения никелем являются отходящие газы производства никеля карбонильным методом. Огромные выбросы сопровождают сжигание ископаемого топлива, при этом в атмосферу переходит около 70 тыс. т никеля ежегодно (Химия окружающей среды, 1982). Источниками поступления никеля в океан являются: речной сток – около $1{,}35\times10^9$ кг/год, атмосферные выпадения – $2{,}5\times10^7$ кг/год, промышленные и городские сбросы – $3{,}8\times10^6$ кг/год (Посохов, 1965).

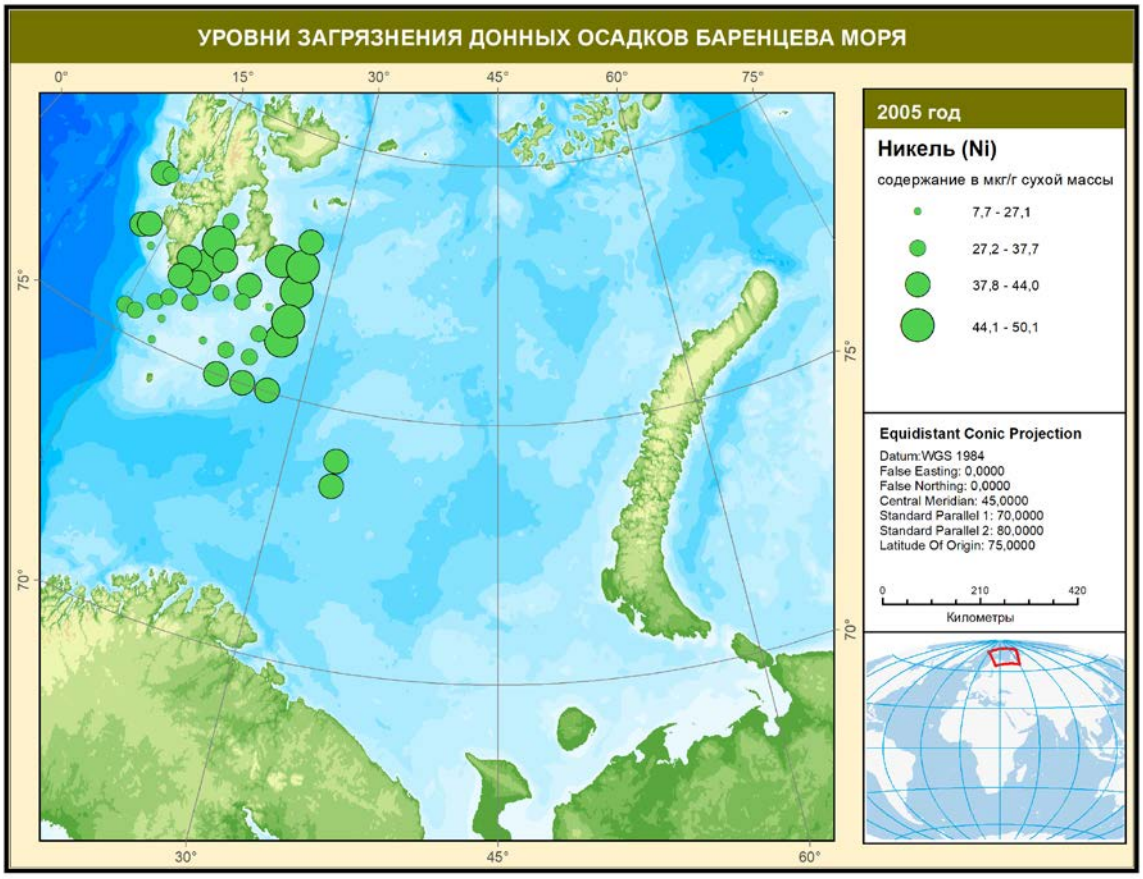
Никель не является важным или широко распространенным элементом в донных отложениях водных экосистем. В промышленных районах мира его содержание в донных отложениях редко превышает 50-100 мкг/г сухой массы осадка, что нередко сравнимо с его содержанием в незагрязненных донных осадках (Мур, Рамамурти, 1987).

О среднем содержании никеля в донных отложениях арктических морей России известно, что в Баренцевом море оно составляет 29 мкг/г сухой массы осадка (Новиков, 2017), в отложениях Восточно-Сибирского моря – 33 мкг/г (Газогеохимические аномалии..., 2013), Чукотского – 26 мкг/г (Литохимическая типизация обстановок..., 2013), Карского – 35 мкг/г (Ильин, 2009), Белого – 59 мкг/г сухой массы (Особенности распределения элементов..., 2014).

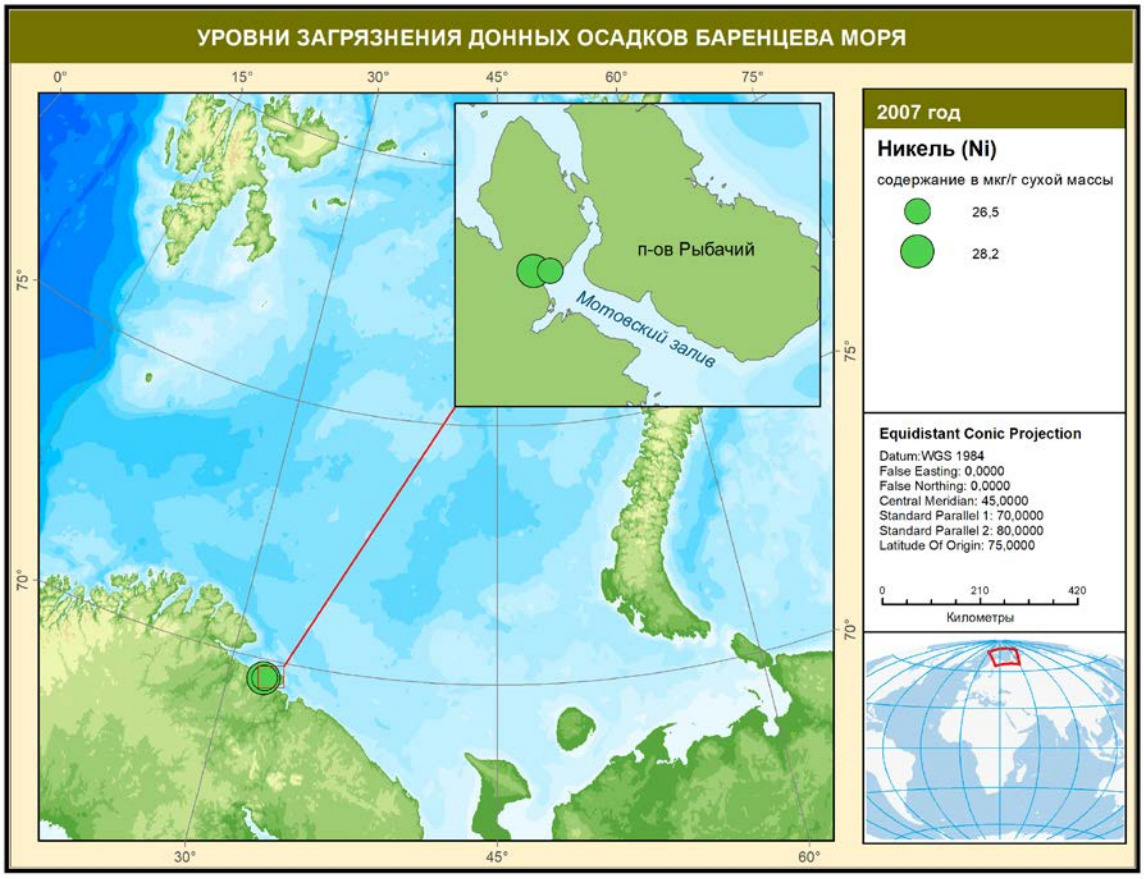
Ниже приводятся карты содержания никеля (Ni) в 2003-2018 гг.

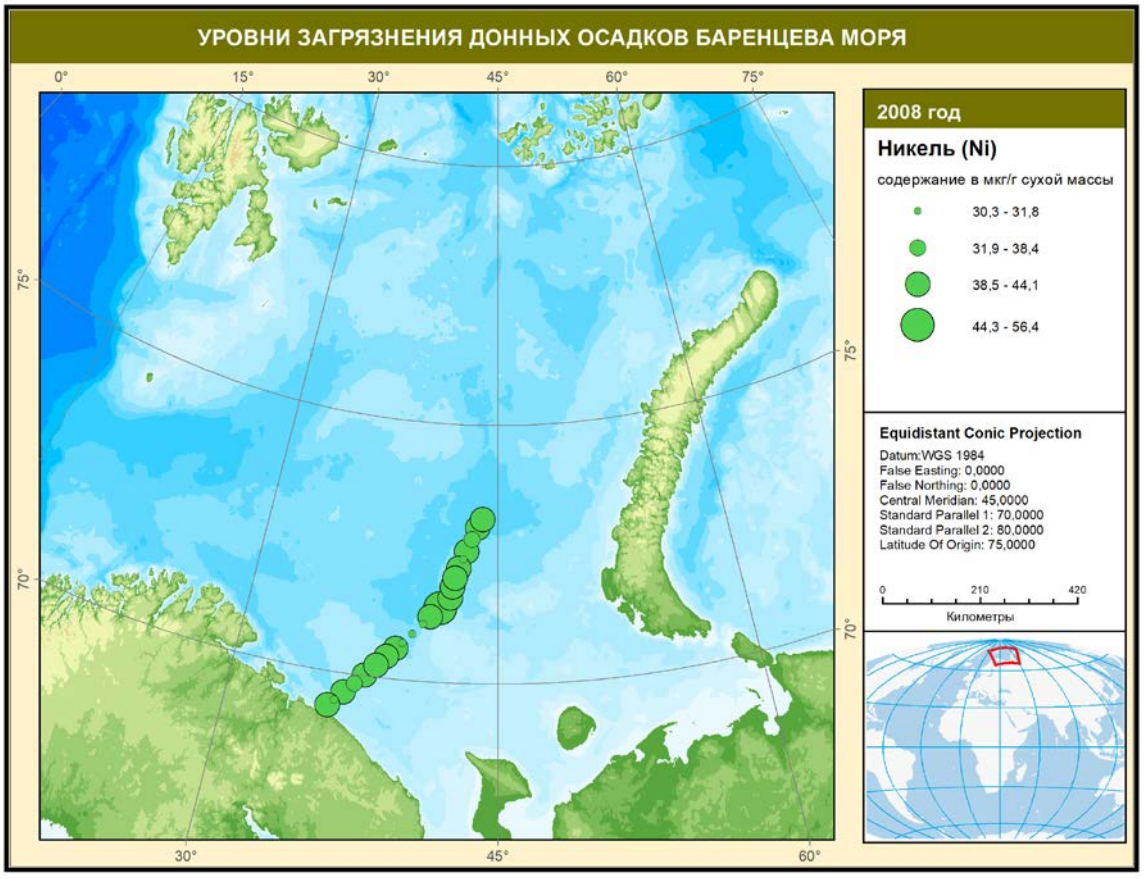

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2003 год
Никель (Ni)
содержание в мкг/г сухой массы
13,6 - 23,3
23,4 - 32,4
32,5 - 40,2
40,3 - 53,7
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2004 год
Никель (Ni)
содержание в мкг/г сухой массы
13,9 - 24,1
24,2 - 33,5
33,6 - 42,4
42,5 - 56,7
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2005 год
Никель (Ni)
содержание в мкг/г сухой массы
7,7 - 27,1
27,2 - 37,7
37,8 - 44,0
44,1 - 50,1
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

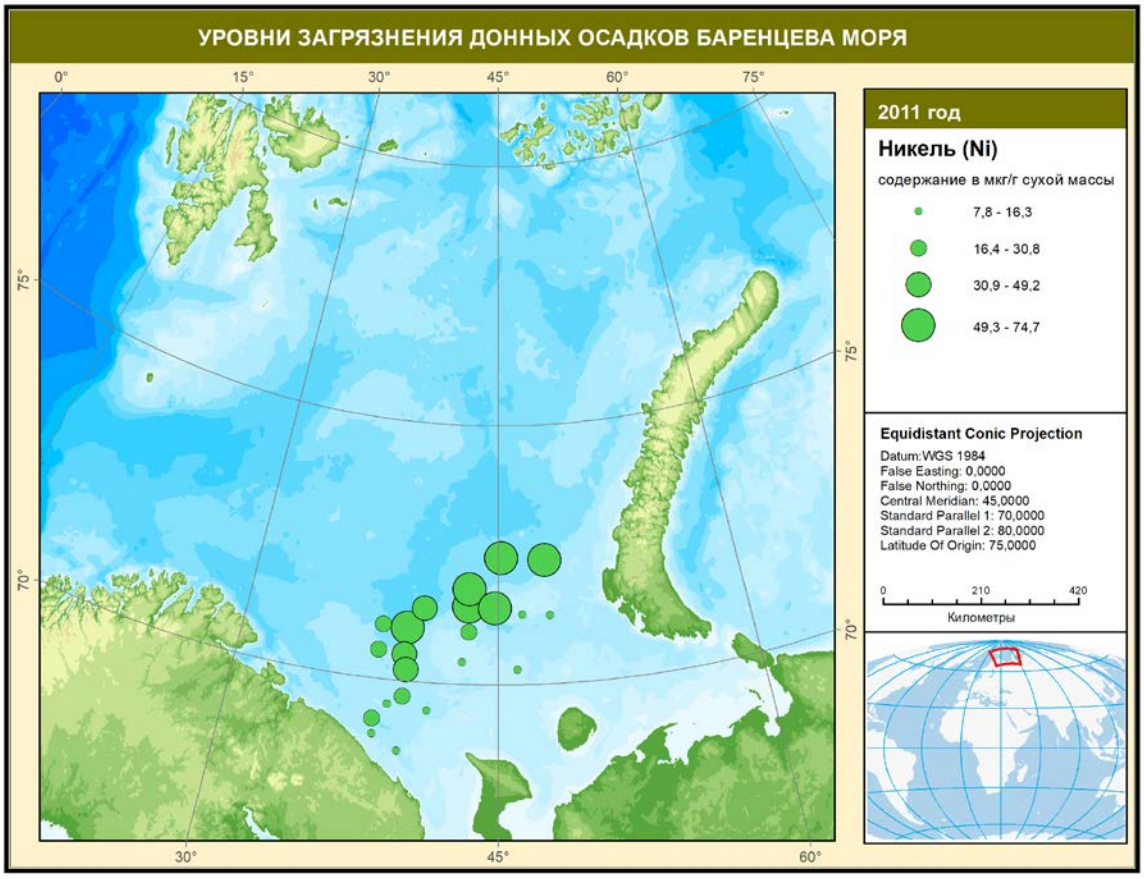
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2006 год
Никель (Ni)
содержание в мкг/г сухой массы
4,7 - 22,9
23,0 - 38,5
38,6 - 50,3
50,4 - 67,5
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

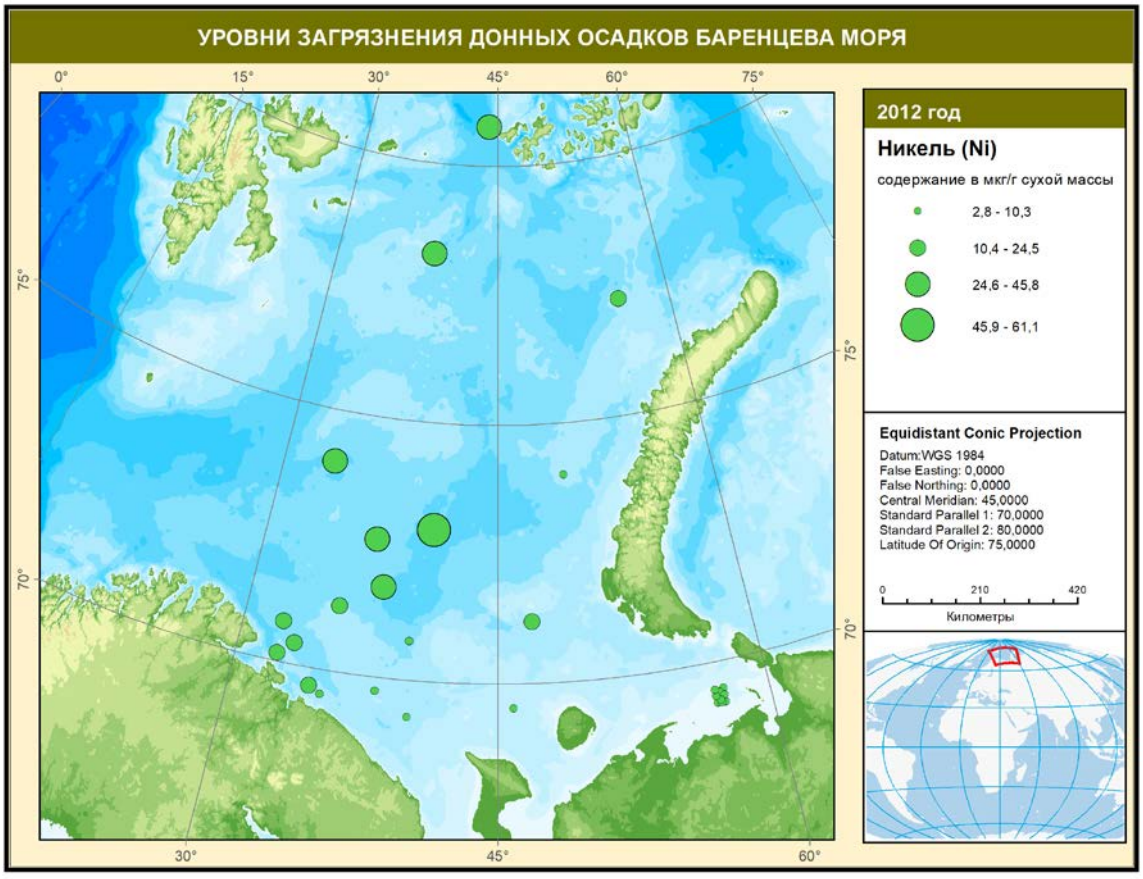

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
п-ов Рыбачий
Мотовский залив
2007 год
Никель (Ni)
содержание в мкг/г сухой массы
26,5
28,2
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

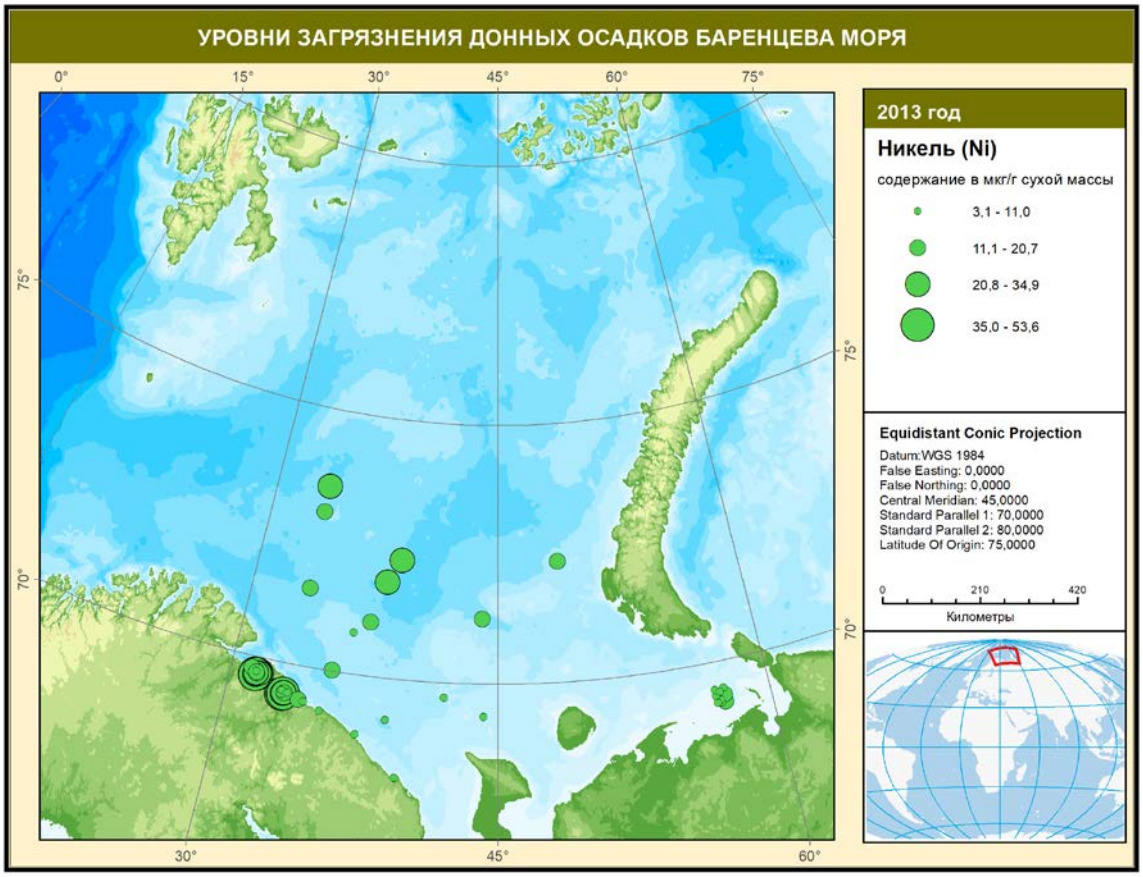

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2008 год
Никель (Ni)
содержание в мкг/г сухой массы
30,3 - 31,8
31,9 - 38,4
38,5 - 44,1
44,3 - 56,4
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

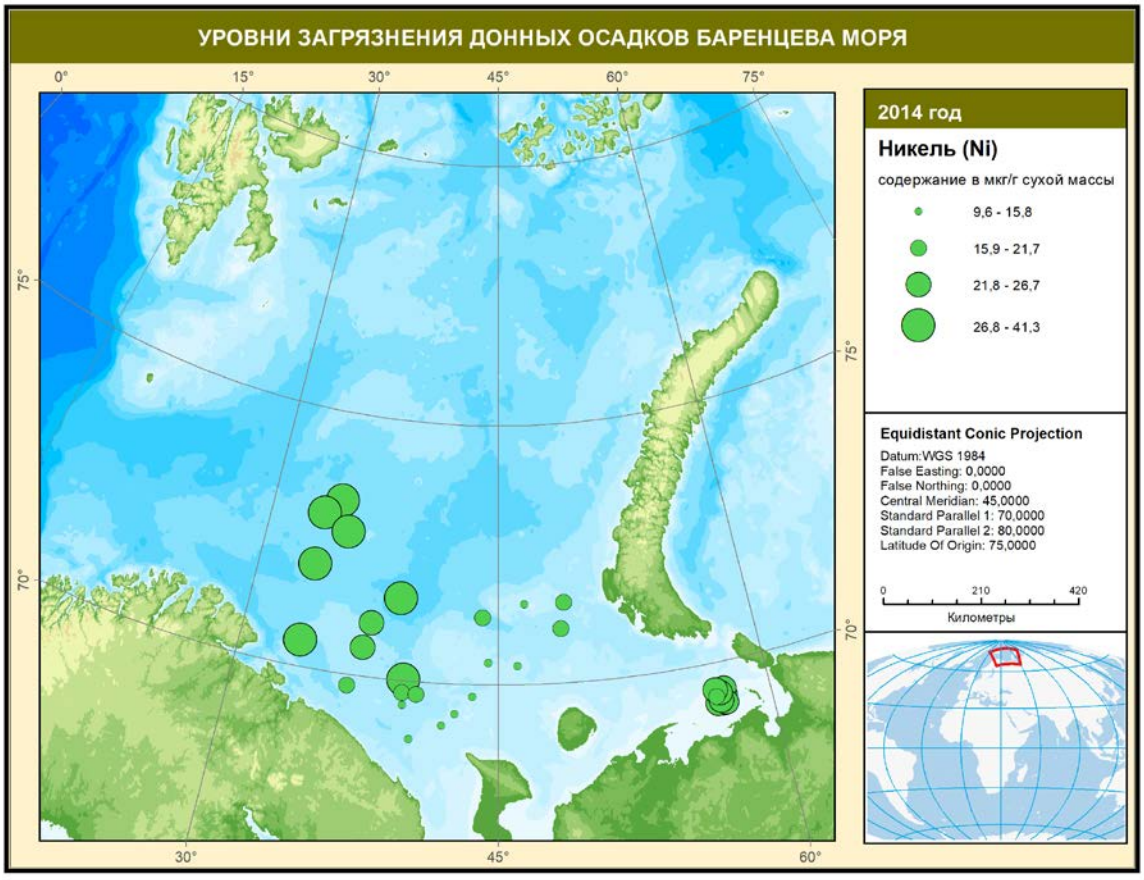
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2009 год
Никель (Ni)
содержание в мкг/г сухой массы
6,3 - 10,0
10,1 - 14,4
14,5 - 23,7
23,8 - 39,7
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

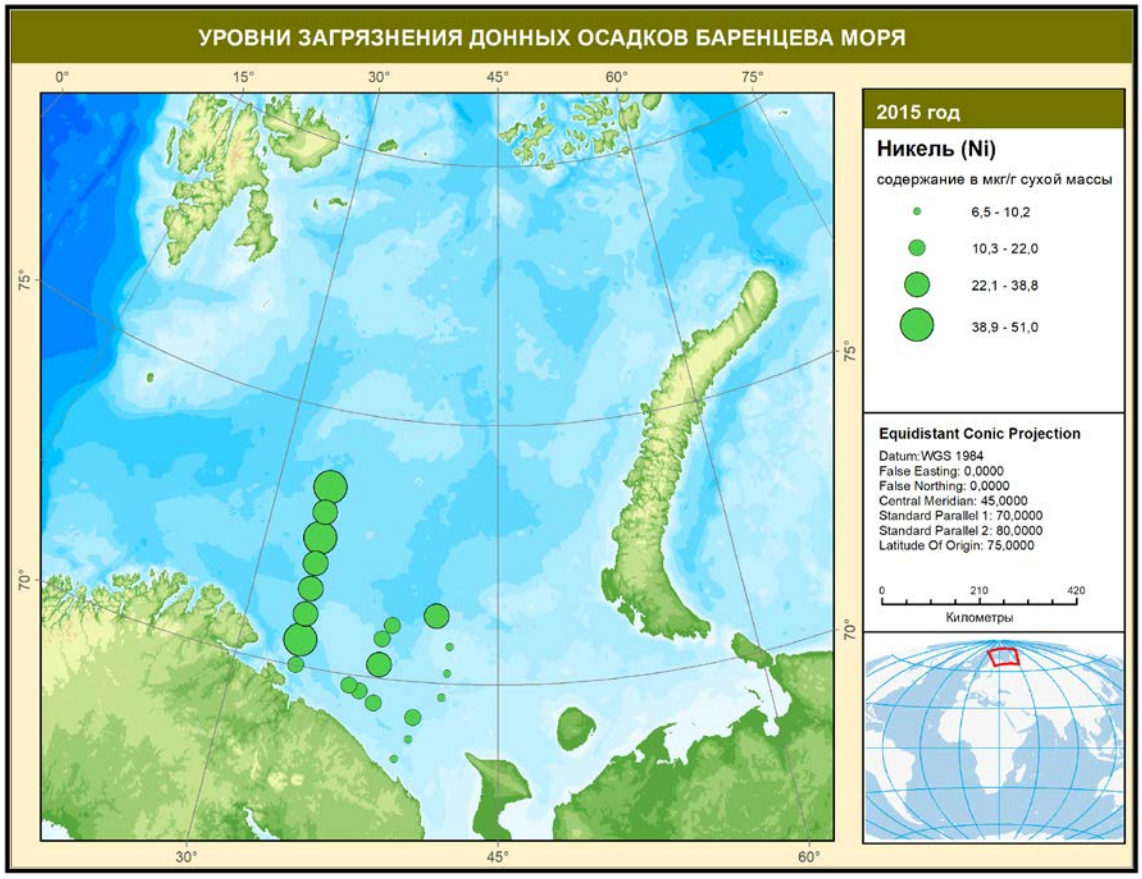
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2010 год
Никель (Ni)
содержание в мкг/г сухой массы
1,0 - 2,1
2,2 - 6,1
6,2 - 13,3
13,4 - 25,5
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

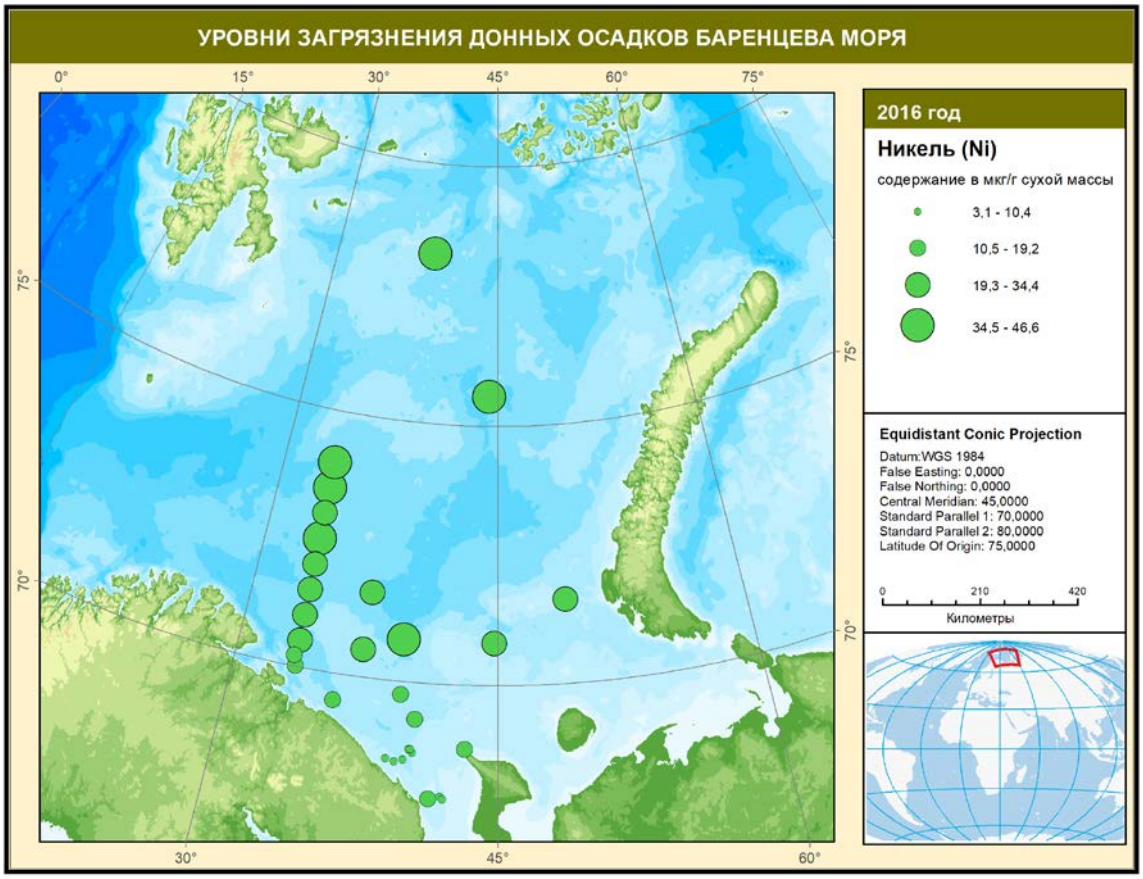

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2011 год
Никель (Ni)
содержание в мкг/г сухой массы
7,8 - 16,3
16,4 - 30,8
30,9 - 49,2
49,3 - 74,7
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2012 год
Никель (Ni)
содержание в мкг/г сухой массы
2,8 - 10,3
10,4 - 24,5
24,6 - 45,8
45,9 - 61,1
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2013 год
Никель (Ni)
содержание в мкг/г сухой массы
3,1 - 11,0
11,1 - 20,7
20,8 - 34,9
35,0 - 53,6
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2014 год
Никель (Ni)
содержание в мкг/г сухой массы
9,6 - 15,8
15,9 - 21,7
21,8 - 26,7
26,8 - 41,3
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2015 год
Никель (Ni)
содержание в мкг/г сухой массы
6,5 - 10,2
10,3 - 22,0
22,1 - 38,8
38,9 - 51,0
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2016 год
Никель (Ni)
содержание в мкг/г сухой массы
3,1 - 10,4
10,5 - 19,2
19,3 - 34,4
34,5 - 46,6
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2017 год
Никель (Ni)
содержание в мкг/г сухой массы
1,8 - 6,2
6,3 - 17,8
17,9 - 29,1
29,2 - 54,5
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2018 год
Никель (Ni)
содержание в мкг/г сухой массы
1,0 - 6,6
6,7 - 14,1
14,2 - 21,9
22,0 - 28,7
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

Свинец

Естественными источниками поступления свинца в поверхностные воды являются процессы растворения эндогенных (галенит PbS) и экзогенных минералов (англезит $PbSO_4$, церуссит $PbCO_3$ и др.). Содержащая свинец силикатная пыль природных почв, вулканические галогенные аэрозоли и силикатные дымы, попадая в атмосферу, возвращаются на землю с осадками (Руководство по химическому…, 1977).

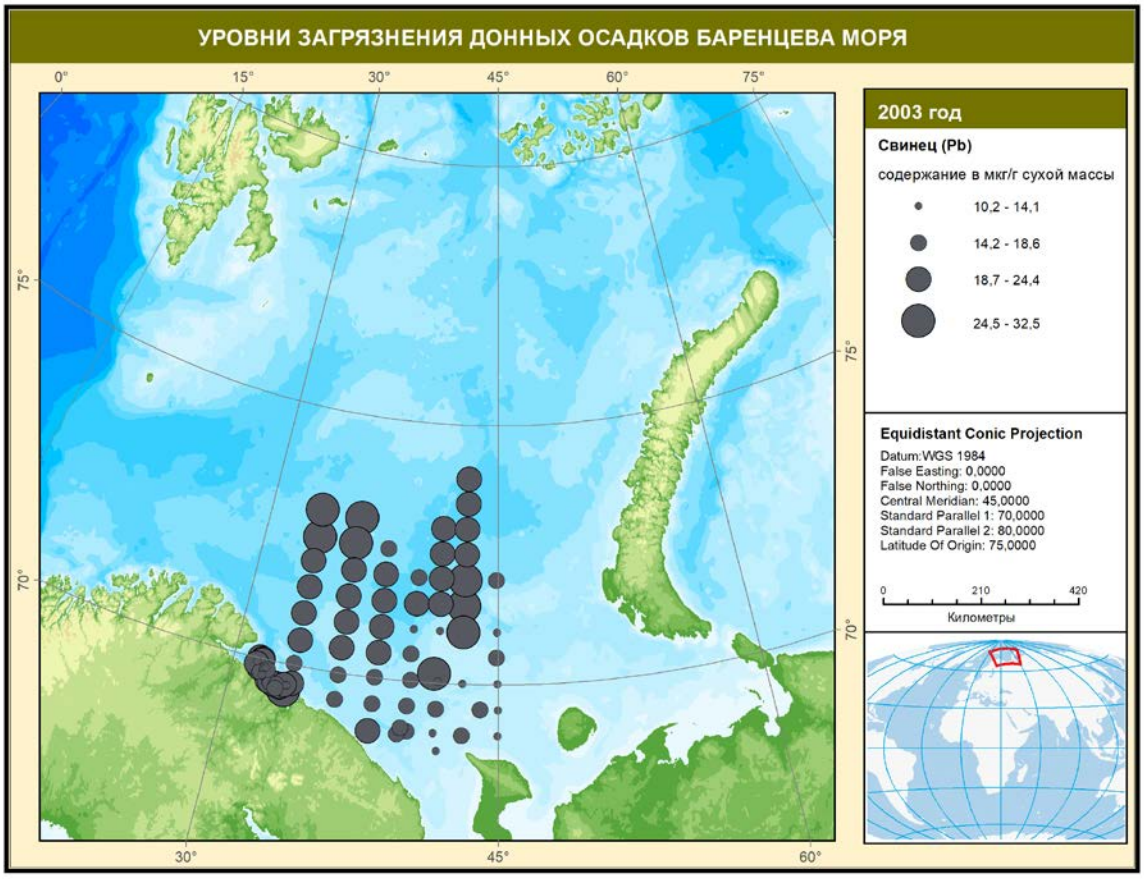
Техногенное загрязнение природных вод и воздуха свинцом происходит в результате процесса обжига и плавки свинцовых руд в целях получения металлического свинца (Израэль, Цыбань, 2009). Значительное повышение концентрации свинца в окружающей среде (в том числе и в природных водах) является следствием его широкого применения в промышленности, сжигания углей, древесины и других органических материалов, включая городские отходы. Важнейшим источником поступления свинца в окружающую среду является автомобильный транспорт. Почти в 10 раз ниже вклад сжигания топлива в цветной металлургии. Применение тетраэтилсвинца в качестве антидетонатора в моторном топливе сопровождается загрязнением воздуха и воды. При движении автомобиля от 25 до 75 % свинца выбрасывается в атмосферу в зависимости от условий движения. Хотя основная масса его осаждается на землю, заметное количество этого загрязняющего вещества может оставаться в воздухе. Во всем мире ежегодно в результате человеческой деятельности в атмосферу попадает 450 тыс. т свинца (Химия окружающей среды, 1982; Диагностический анализ состояния…, 2011; Clark, 2011). Его соединения выносятся в водоемы со сточными водами рудообогатительных фабрик, некоторых металлургических предприятий, химических производств и шахт (Руководство по химическому..., 1977; Израэль, Цыбань, 2009). Освоение нефтегазовых месторождений также способно сильно загрязнять почву и приповерхностную гидросферу. Так, в почвах районов освоения месторождений в Восточной Сибири выявляют аномалии со значительным превышением ПДК тяжелых металлов, в том числе свинца (Копылов, 2012).

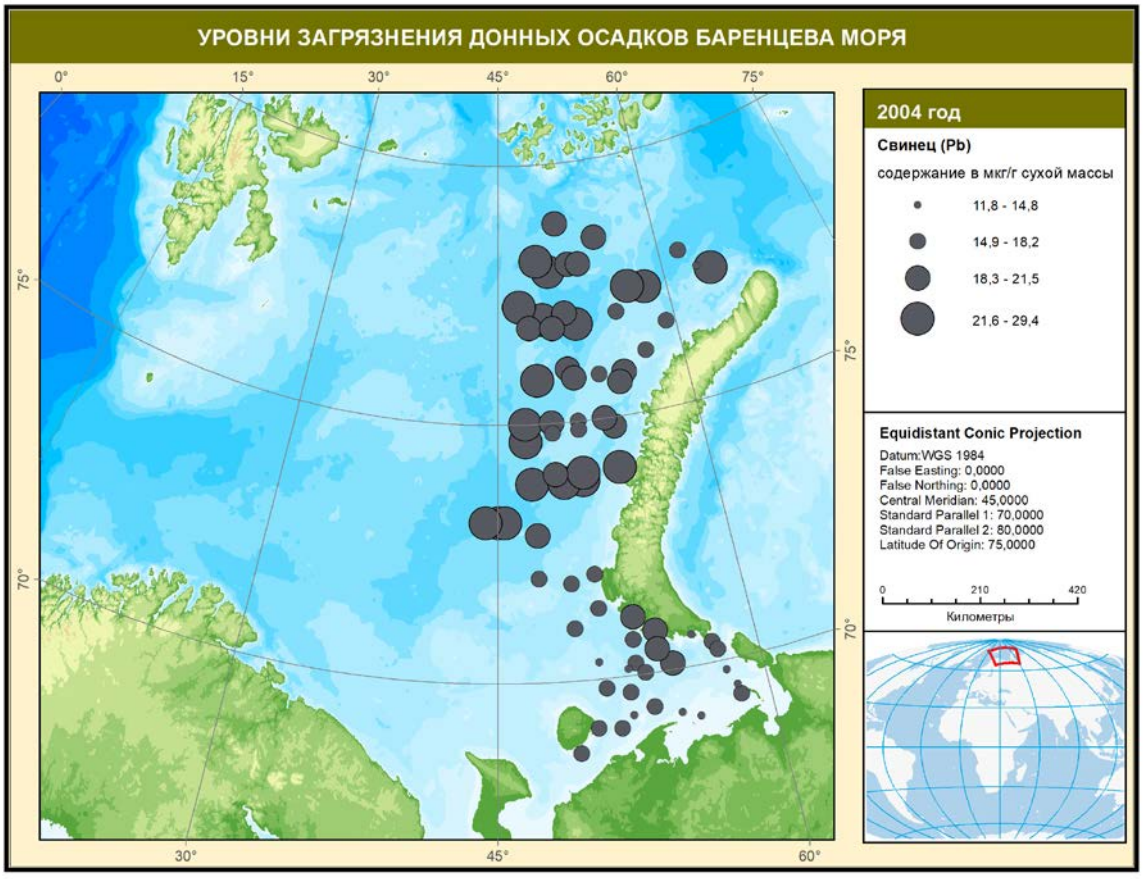
Кларк Pb в земной коре составляет 14×10^{-4} % (Эмсли, 1993), в почве – 1×10^{-3}, золе растений – 1×10^{-3} % (Виноградов, 1962).

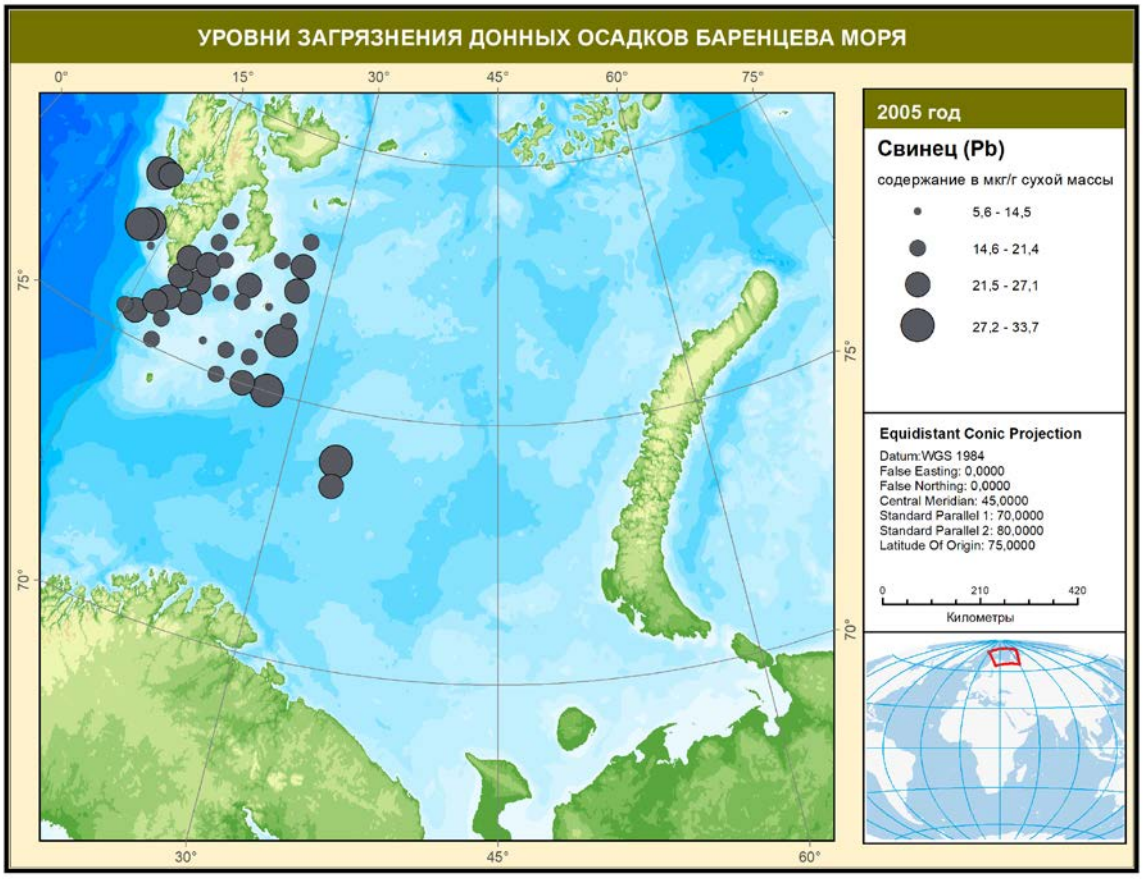
В незагрязненных морских донных отложениях содержание свинца изменяется в пределах 2-50 мкг/г и во многом зависит от структуры и состава подстилающих пород (Мур, Рамамурти, 1987).

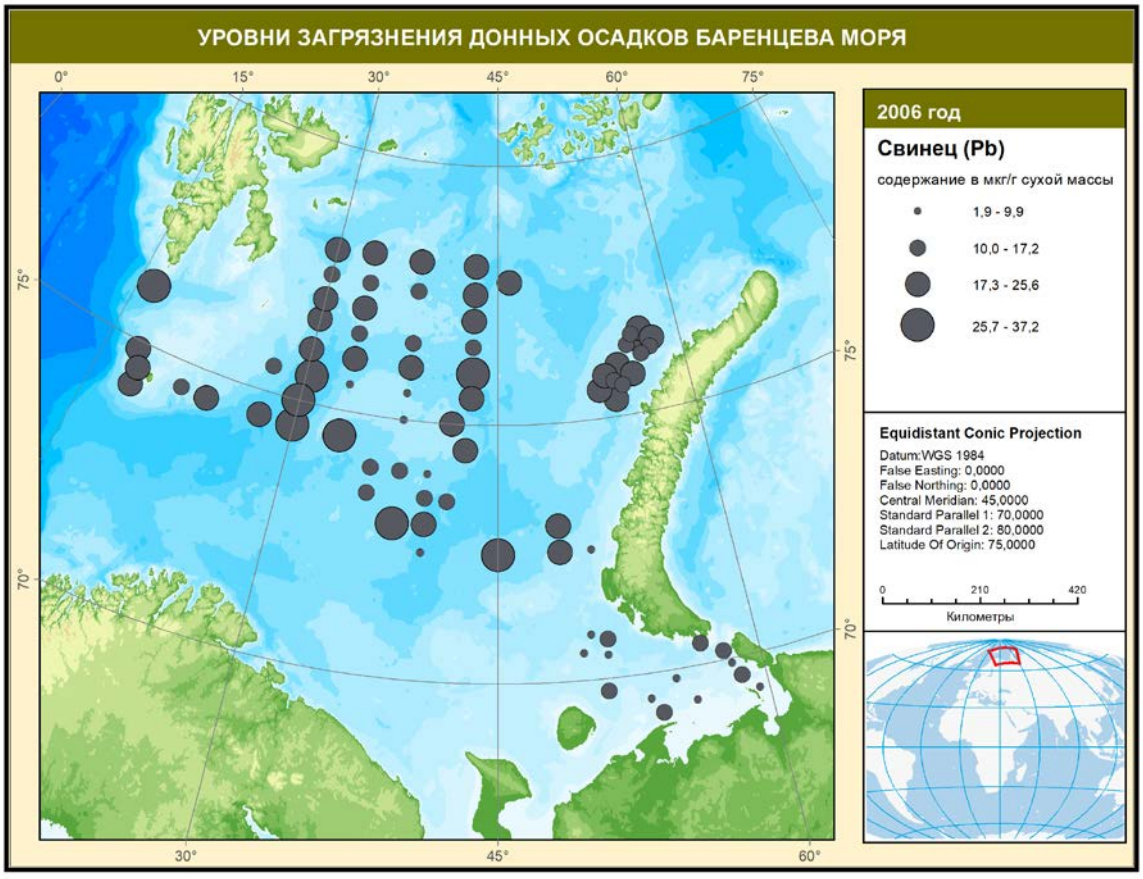
О среднем содержании свинца в донных отложениях арктических морей России известно, что в Баренцевом море оно составляет 16 мкг/г сухой массы осадка (Новиков, 2017), в отложениях Восточно-Сибирского моря – 16 мкг/г (Газогеохимические аномалии..., 2013), Чукотского – 9 мкг/г (Литохимическая типизация обстановок..., 2013), Карского – 14 мкг/г (Ильин, 2009), Белого – 21 мкг/г сухой массы (Особенности распределения элементов..., 2014).

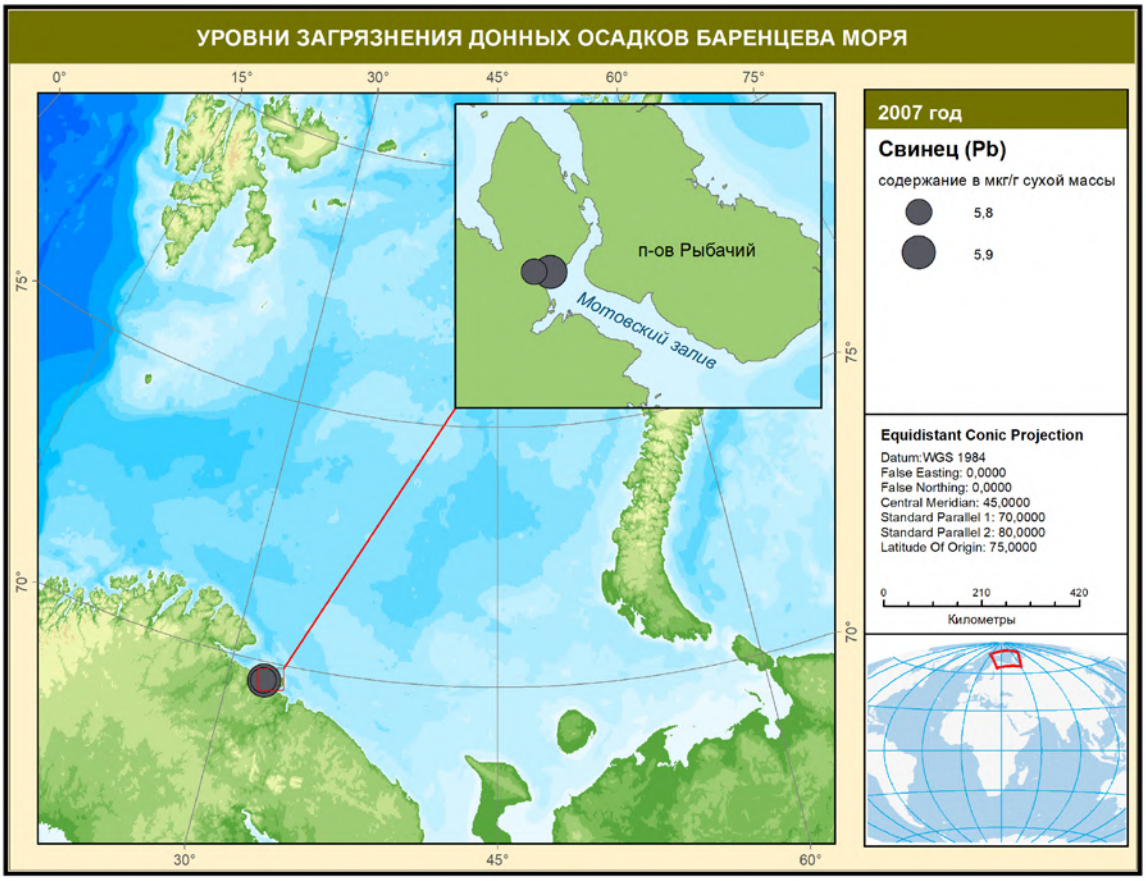
Ниже приводятся карты содержания свинца (Pb) в 2003-2018 гг.

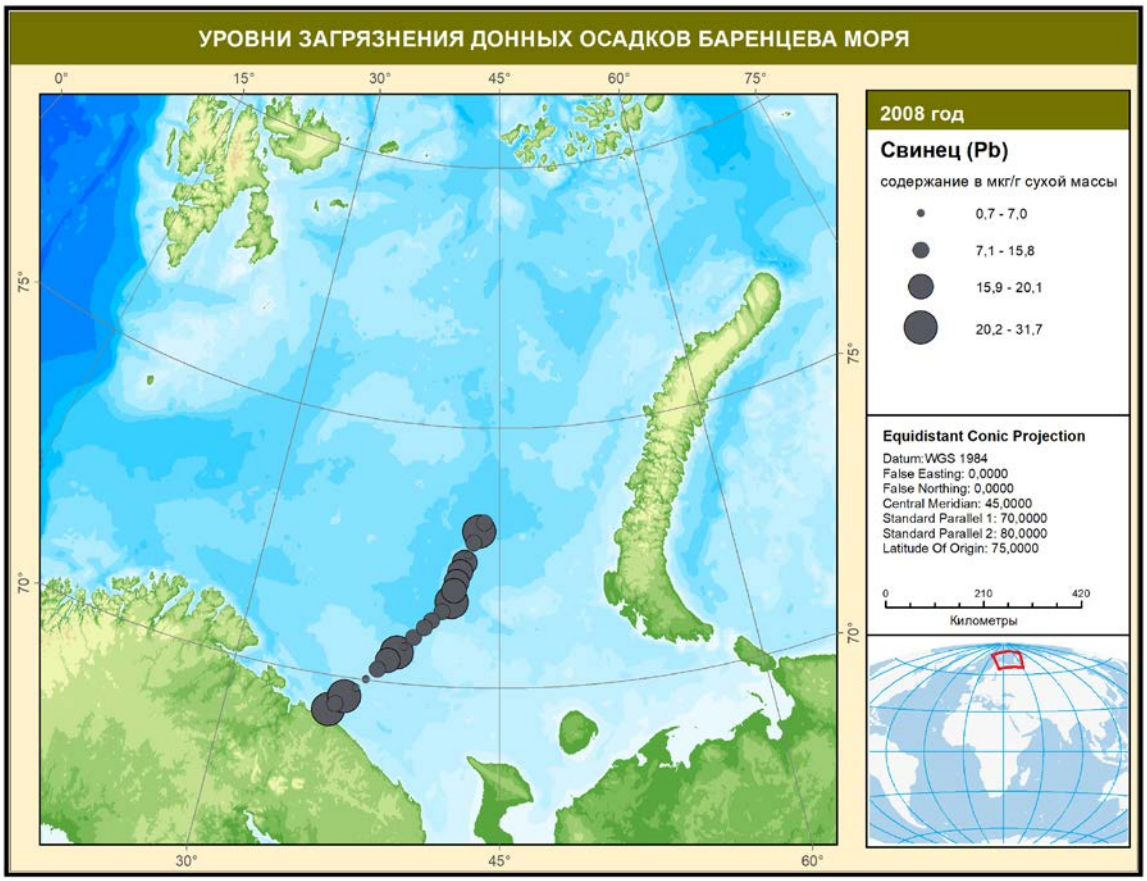

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2003 год
Свинец (Pb)
содержание в мкг/г сухой массы
10,2 - 14,1
14,2 - 18,6
18,7 - 24,4
24,5 - 32,5
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

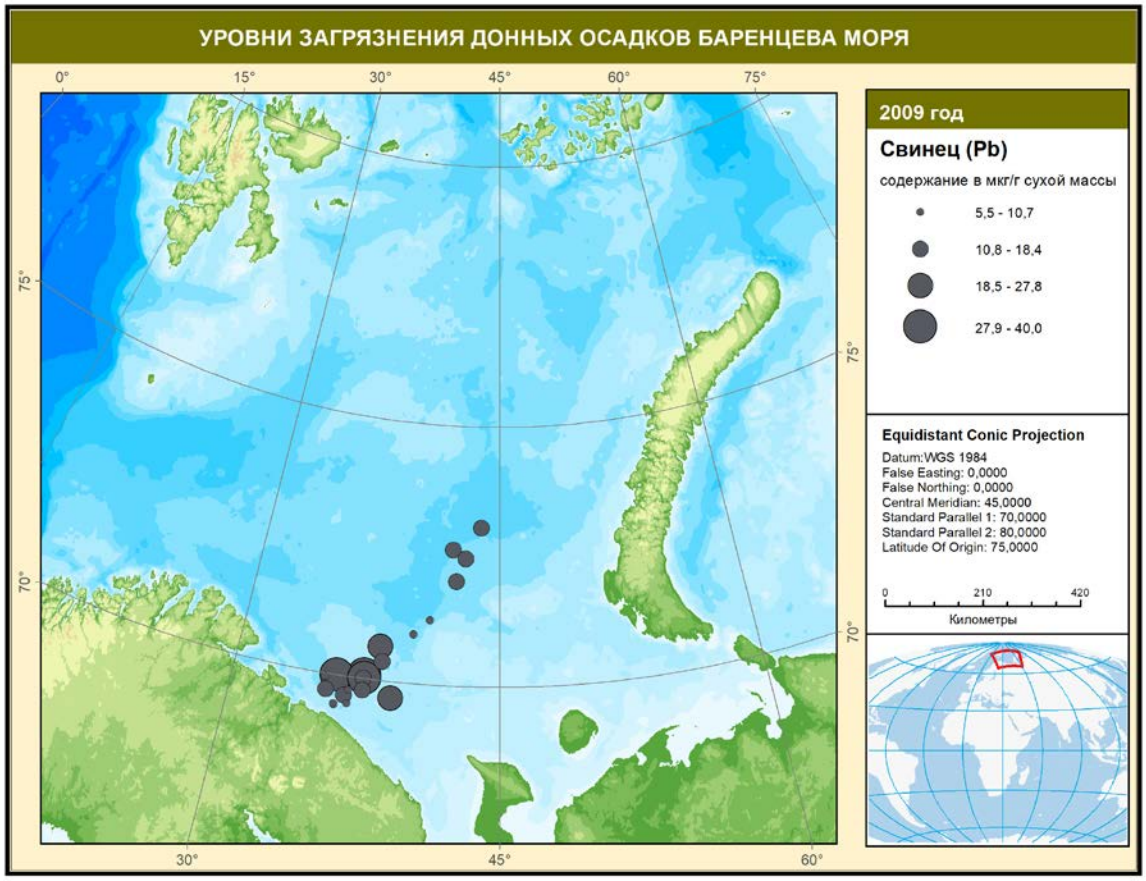

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2004 год
Свинец (Pb)
содержание в мкг/г сухой массы
11,8 - 14,8
14,9 - 18,2
18,3 - 21,5
21,6 - 29,4
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

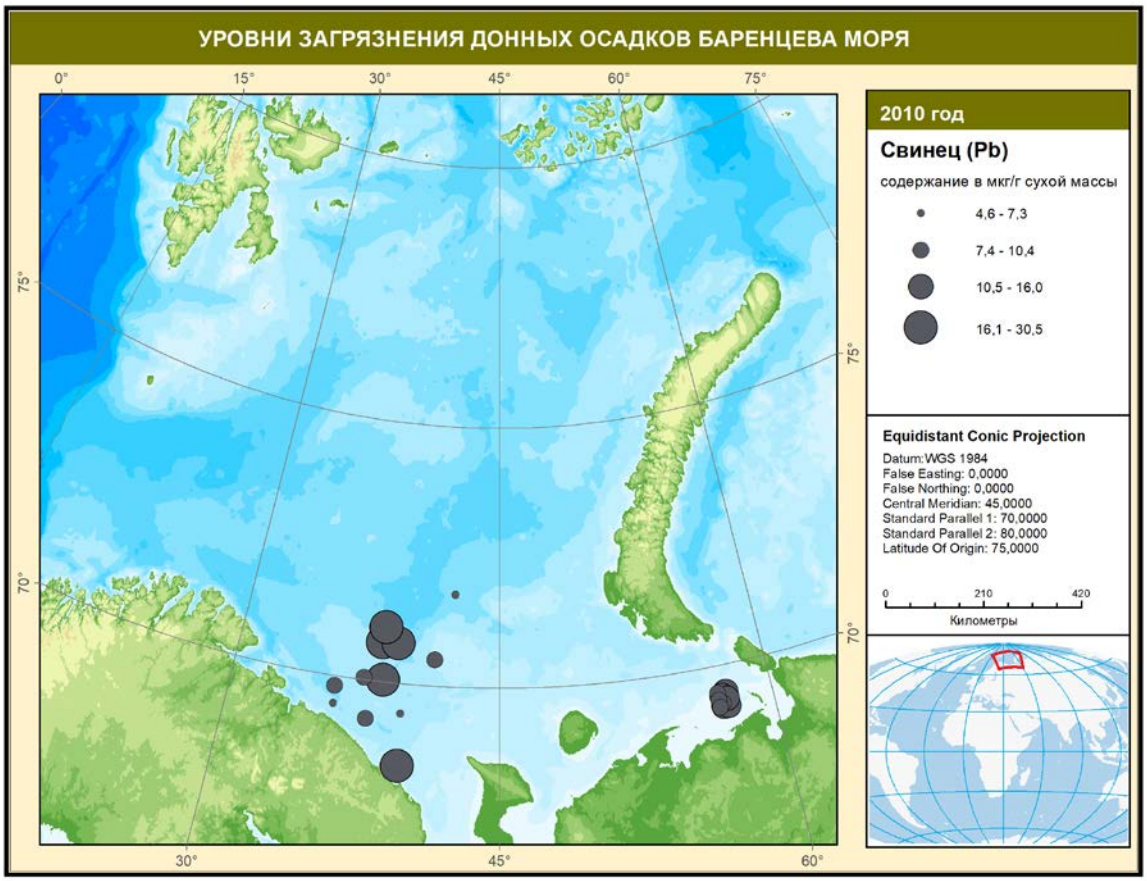

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2005 год
Свинец (Pb)
содержание в мкг/г сухой массы
5,6 - 14,5
14,6 - 21,4
21,5 - 27,1
27,2 - 33,7
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

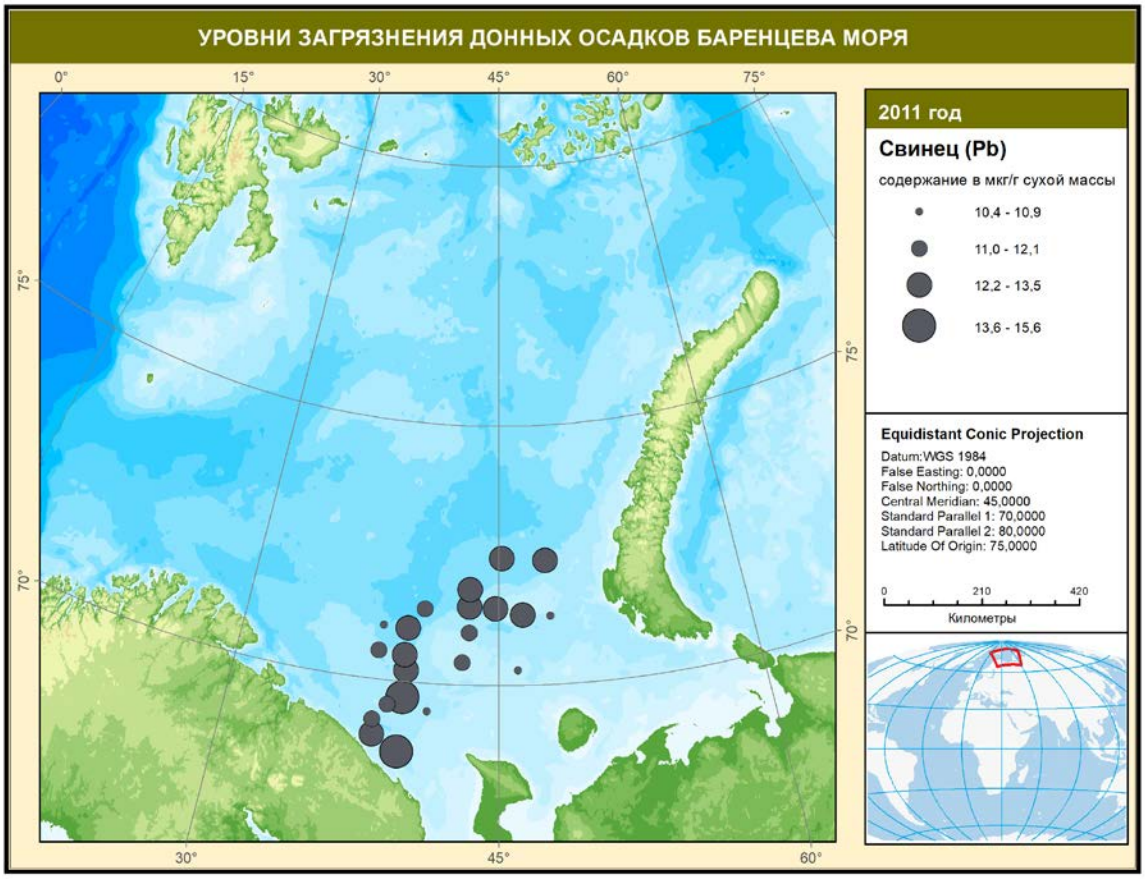

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2006 год
Свинец (Pb)
содержание в мкг/г сухой массы
1,9 - 9,9
10,0 - 17,2
17,3 - 25,6
25,7 - 37,2
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

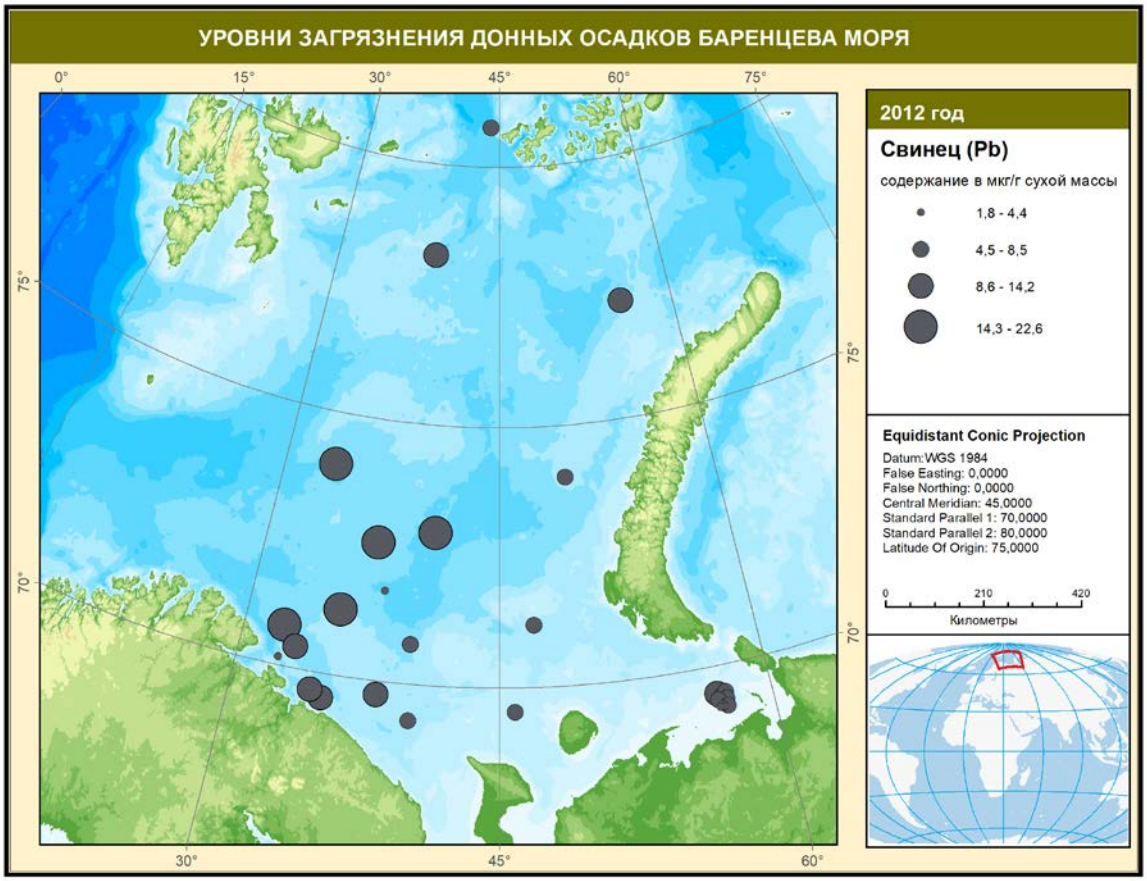

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
п-ов Рыбачий
Мотовский залив
2007 год
Свинец (Pb)
содержание в мкг/г сухой массы
5,8
5,9
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

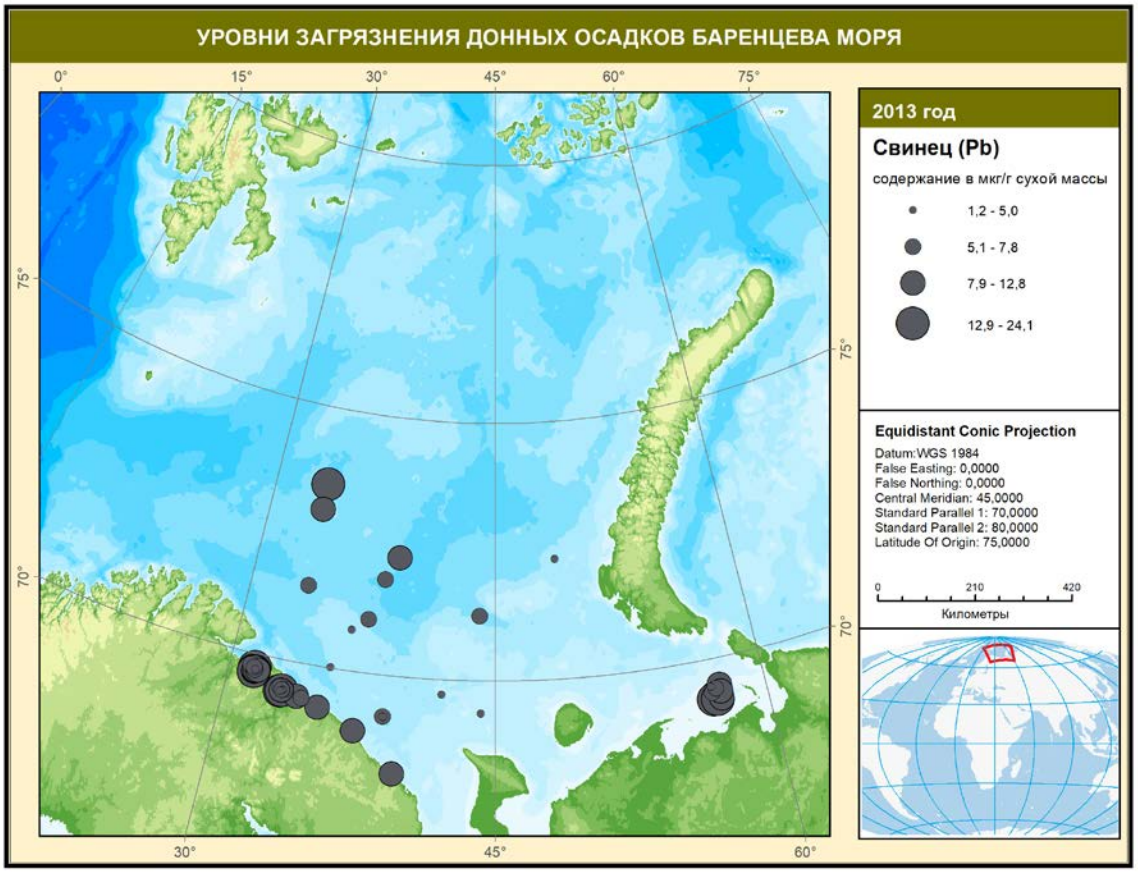

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2008 год
Свинец (Pb)
содержание в мкг/г сухой массы
0,7 - 7,0
7,1 - 15,8
15,9 - 20,1
20,2 - 31,7
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

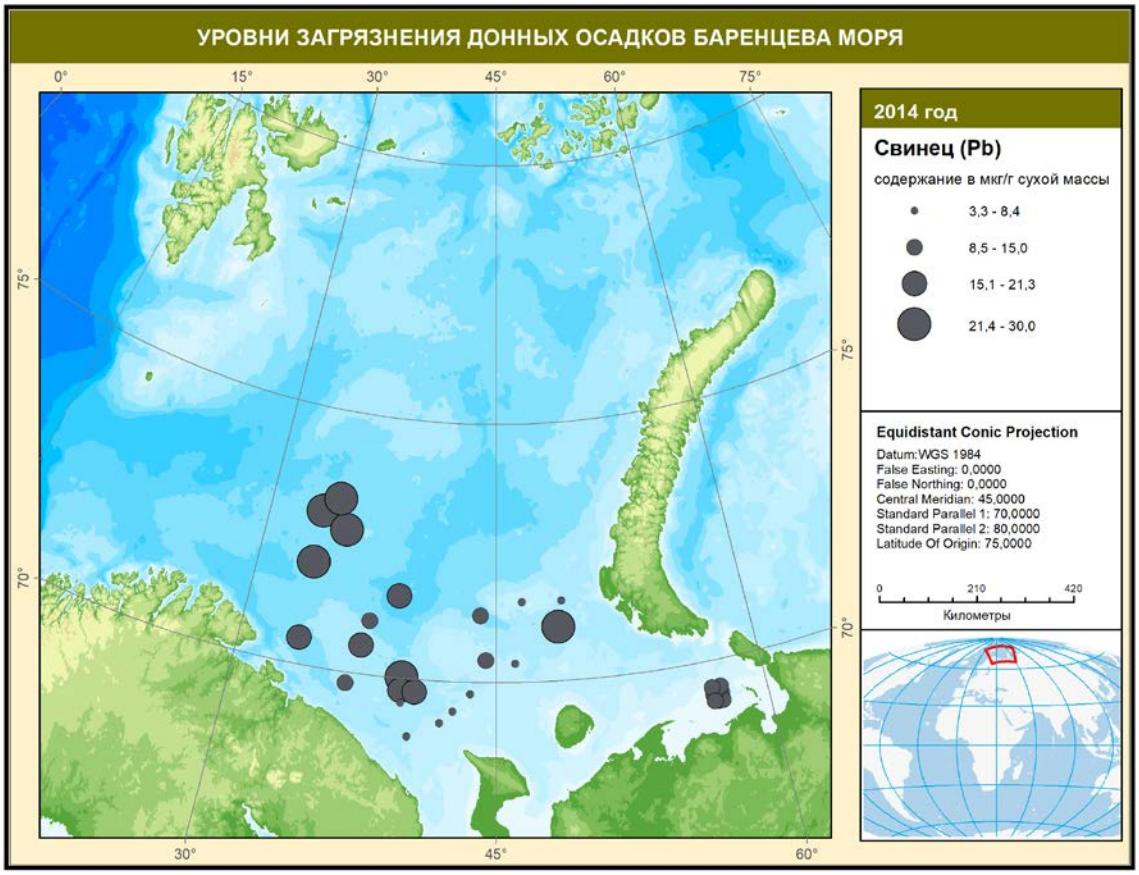

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2009 год
Свинец (Pb)
содержание в мкг/г сухой массы
5,5 - 10,7
10,8 - 18,4
18,5 - 27,8
27,9 - 40,0
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

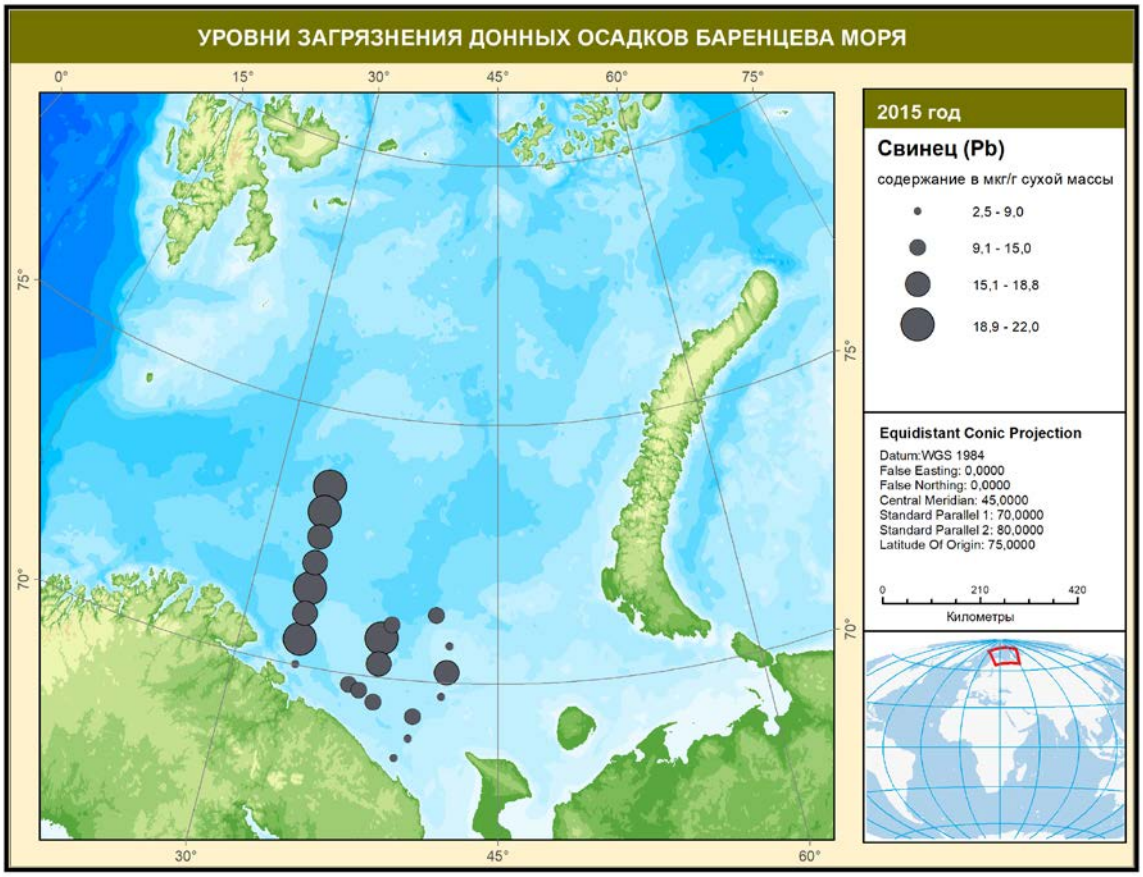

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2010 год
Свинец (Pb)
содержание в мкг/г сухой массы
4,6 - 7,3
7,4 - 10,4
10,5 - 16,0
16,1 - 30,5
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

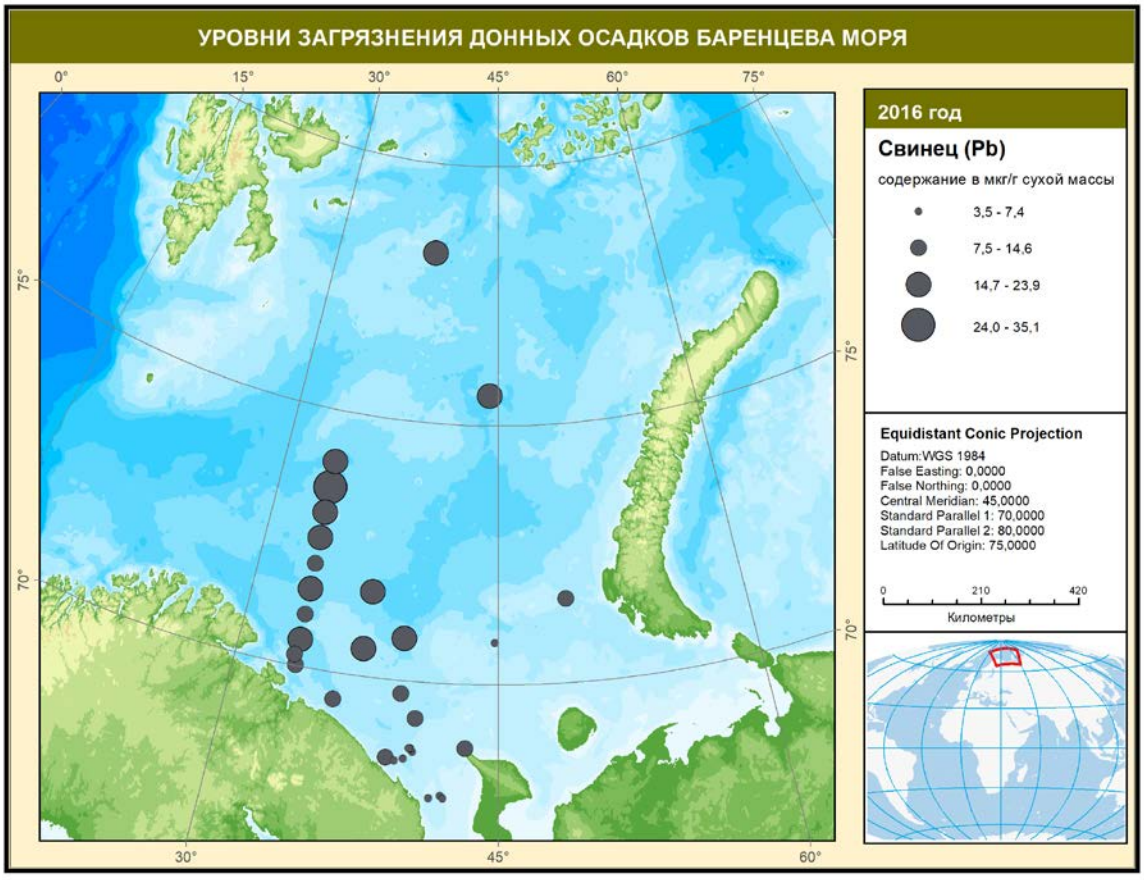

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2011 год
Свинец (Pb)
содержание в мкг/г сухой массы
10,4 - 10,9
11,0 - 12,1
12,2 - 13,5
13,6 - 15,6
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

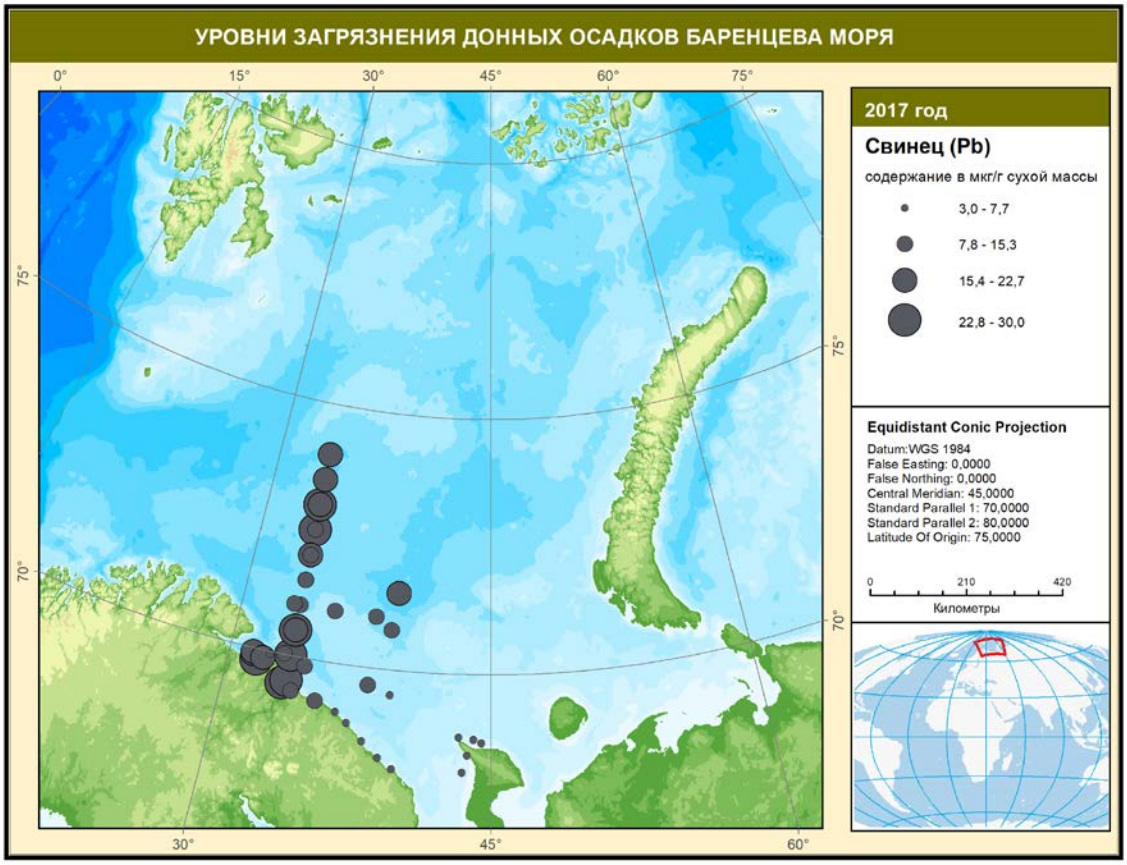

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2012 год
Свинец (Pb)
содержание в мкг/г сухой массы
1,8 - 4,4
4,5 - 8,5
8,6 - 14,2
14,3 - 22,6
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

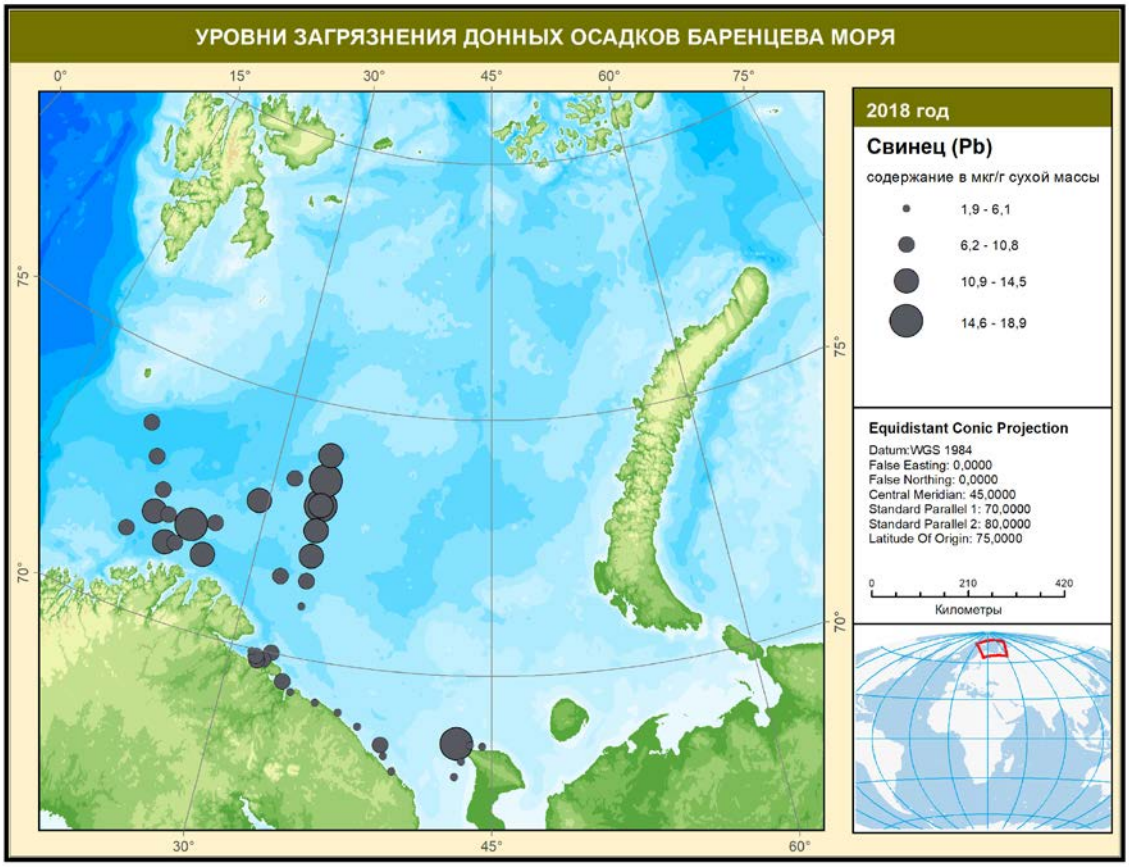

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2013 год
Свинец (Pb)
содержание в мкг/г сухой массы
1,2 - 5,0
5,1 - 7,8
7,9 - 12,8
12,9 - 24,1
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2014 год
Свинец (Pb)
содержание в мкг/г сухой массы
3,3 - 8,4
8,5 - 15,0
15,1 - 21,3
21,4 - 30,0
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2015 год
Свинец (Pb)
содержание в мкг/г сухой массы
2,5 - 9,0
9,1 - 15,0
15,1 - 18,8
18,9 - 22,0
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2016 год
Свинец (Pb)
содержание в мкг/г сухой массы
3,5 - 7,4
7,5 - 14,6
14,7 - 23,9
24,0 - 35,1
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2017 год
Свинец (Pb)
содержание в мкг/г сухой массы
3,0 - 7,7
7,8 - 15,3
15,4 - 22,7
22,8 - 30,0
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2018 год
Свинец (Pb)
содержание в мкг/г сухой массы
1,9 - 6,1
6,2 - 10,8
10,9 - 14,5
14,6 - 18,9
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

Цинк

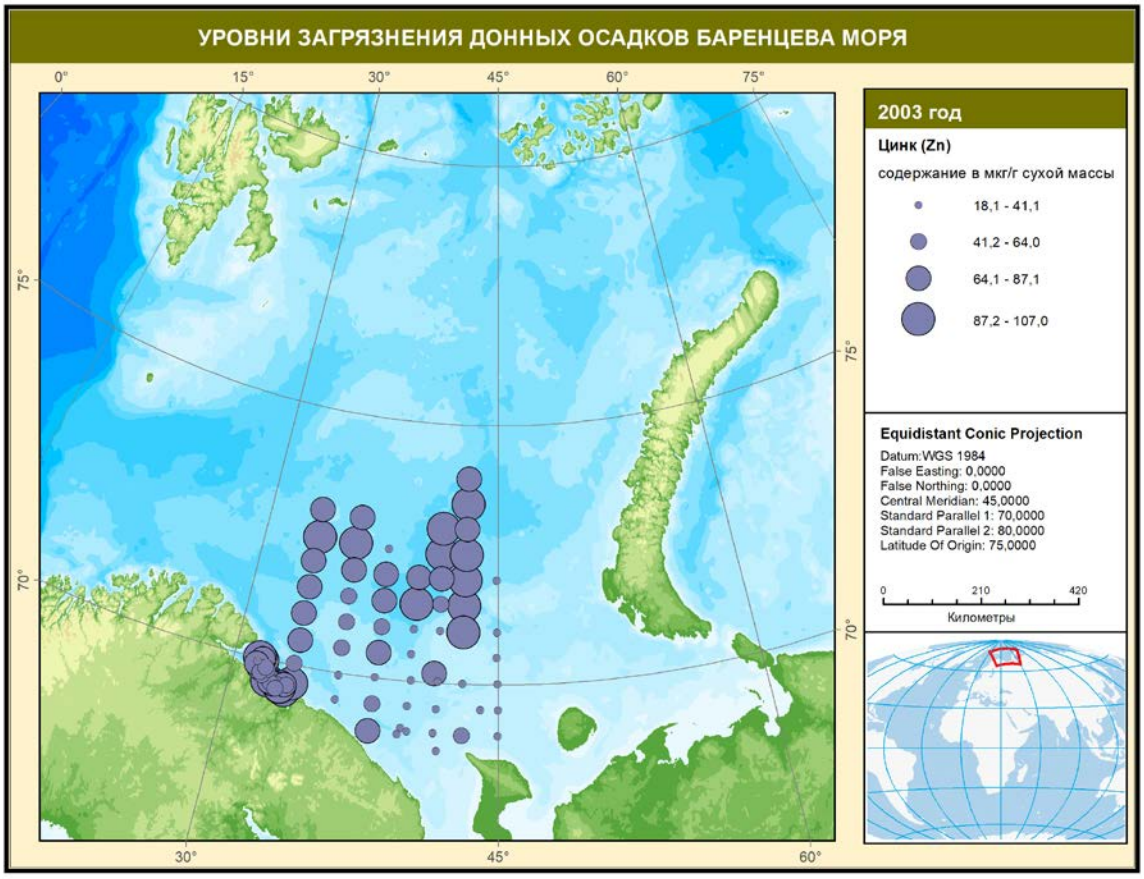
Соединения цинка встречаются в природе довольно часто. Основные минералы: сфалерит ZnS (67 % Zn), содержащий примеси Cd, In, Ga, Ge, вюртцит ZnS (63 % Zn), смитсонит $ZnCO_3$ (52 % Zn) и каламин $Zn_4[Si_2O_7](OH)_2 \cdot H_2O$ (53,7 % Zn). Главные промышленные минералы свинцово-цинковых руд – галенит PbS и сфалерит ZnS (Н. Чертко, Э. Чертко, 2008). Цинк попадает в природные воды в результате протекающих в природе процессов разрушения и растворения горных пород и минералов, главным образом сфалерита ZnS, сульфидных комплексных железных руд и в результате коррозии трубопроводов. Эродированные ветром почвенные частицы дают до 58 % цинка, поступающего из природных источников. Поступление с растительной продукцией составляет около 20 %. Поступление с морскими солями, поднимаемыми ветром, незначительно, несмотря на их большие объемы (Мур, Рамамурти, 1987).

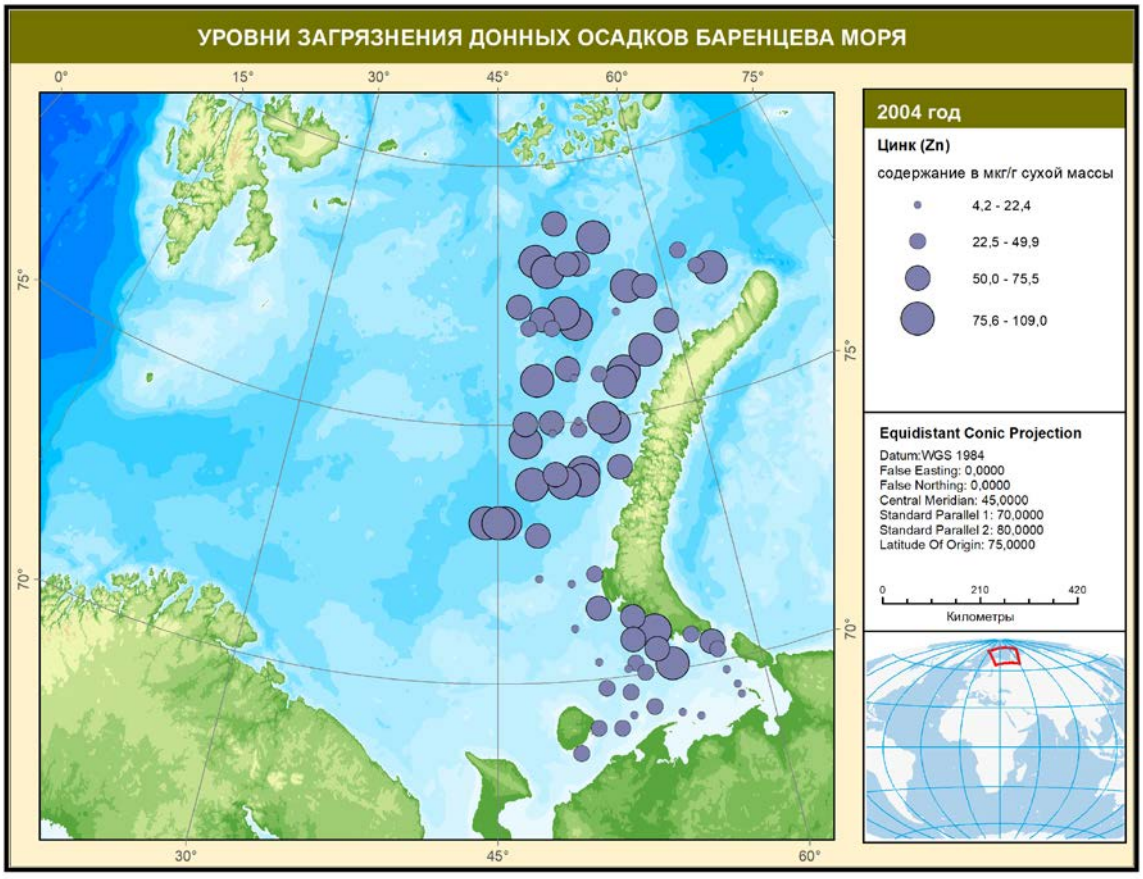
Цинк интенсивно используют во многих отраслях промышленности. Существующее антропогенное поступление цинка в окружающую среду на 700 % превышает природное, причем производство и использование цветных металлов дает до 43 % общего антропогенного выброса цинка в атмосферу. Важным источником цинка является также сжигание древесины и отходов. Значительные количества цинка поступают со сточными водами рудообогатительных фабрик, гальванических цехов многих предприятий, производств сплавов, электрических элементов (батареек), пергаментной бумаги, минеральных красок, искусственного волокна и др. (Лурье, Рыбникова, 1974; Руководство по химическому…, 1977; Химия окружающей среды, 1982).

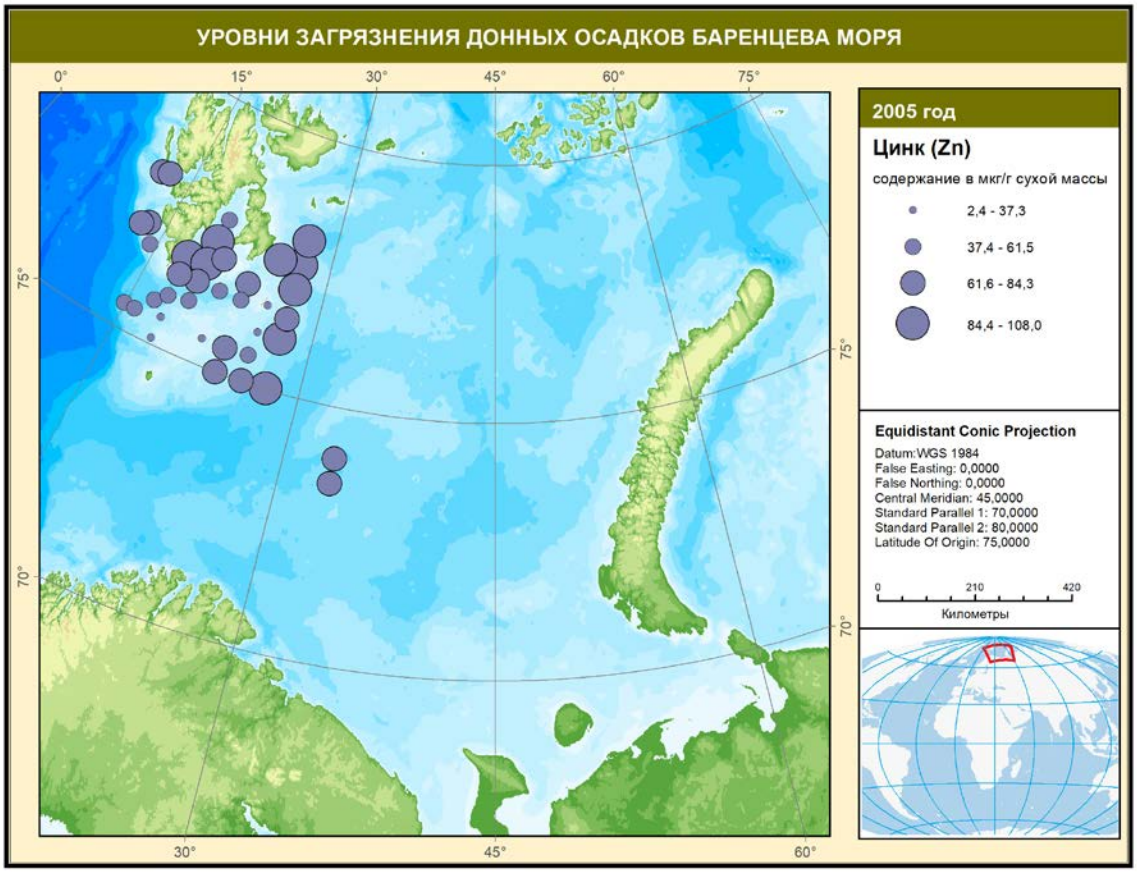
Большие количества цинка переносятся и выпадают с атмосферными осадками. Так, в снеге из южных районов Норвегии его содержание составляло 10-205 мкг/л. В зависимости от местонахождения доля атмосферного цинка в водных экосистемах может составлять более 50 % общего его поступления (Мур, Рамамурти, 1987). Ряд исследователей отмечают, что для Zn характерно глобальное распространение преимущественно океаническим путем (с течениями), а также реками, такими, например, как Енисей (Диагностический анализ состояния…, 2011; АМАР, 2005).

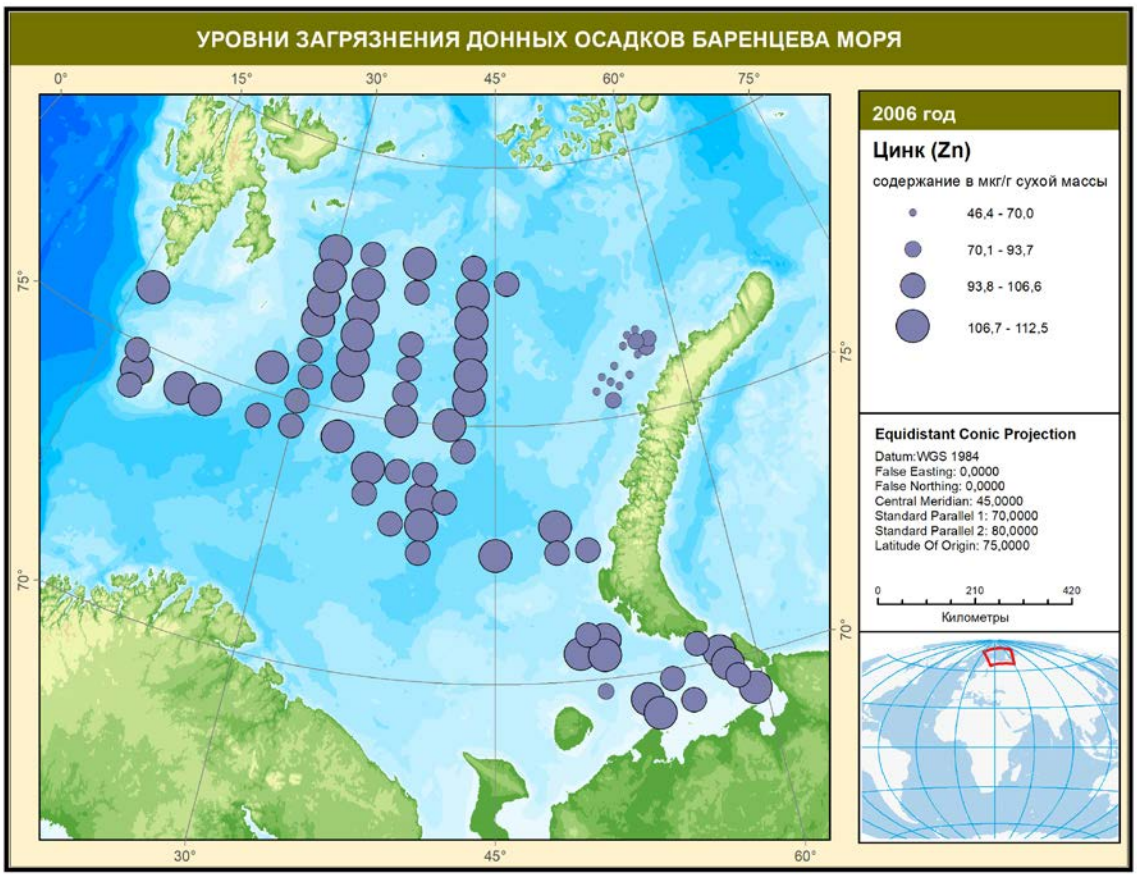
В незагрязненных морских донных отложениях содержание цинка обычно невелико. Например, для осадков континентального шельфа на северо-востоке США содержание цинка составляло 3-10 мкг/г (Мур, Рамамурти, 1986), однако в Арктике дело обстоит иначе. Среднее содержание этого металла в донных отложениях арктических морей России значительно выше и составляет в Баренцевом море 62 мкг/г сухой массы осадка (Новиков, 2017), в отложениях Восточно-Сибирского моря – 109 мкг/г (Газогеохимические аномалии..., 2013), Чукотского – 89 мкг/г (Литохимическая типизация обстановок..., 2013), Карского – 28 мкг/г (Ильин, 2009), Белого – 68 мкг/г сухой массы осадка (Особенности распределения элементов..., 2014).

Ниже приводятся карты содержания цинка (Zn) в 2003-2018 гг.


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2003 год
Цинк (Zn)
содержание в мкг/г сухой массы
18,1 - 41,1
41,2 - 64,0
64,1 - 87,1
87,2 - 107,0
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

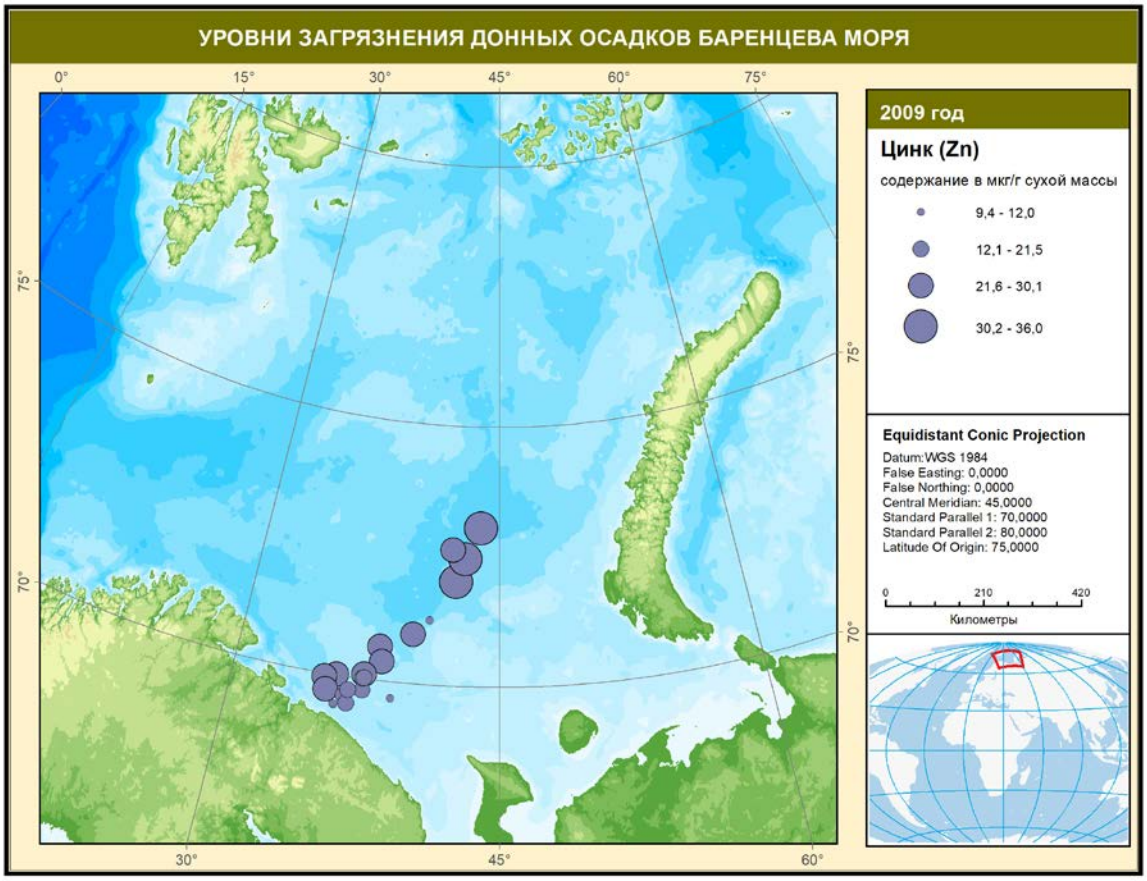

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2004 год
Цинк (Zn)
содержание в мкг/г сухой массы
4,2 - 22,4
22,5 - 49,9
50,0 - 75,5
75,6 - 109,0
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

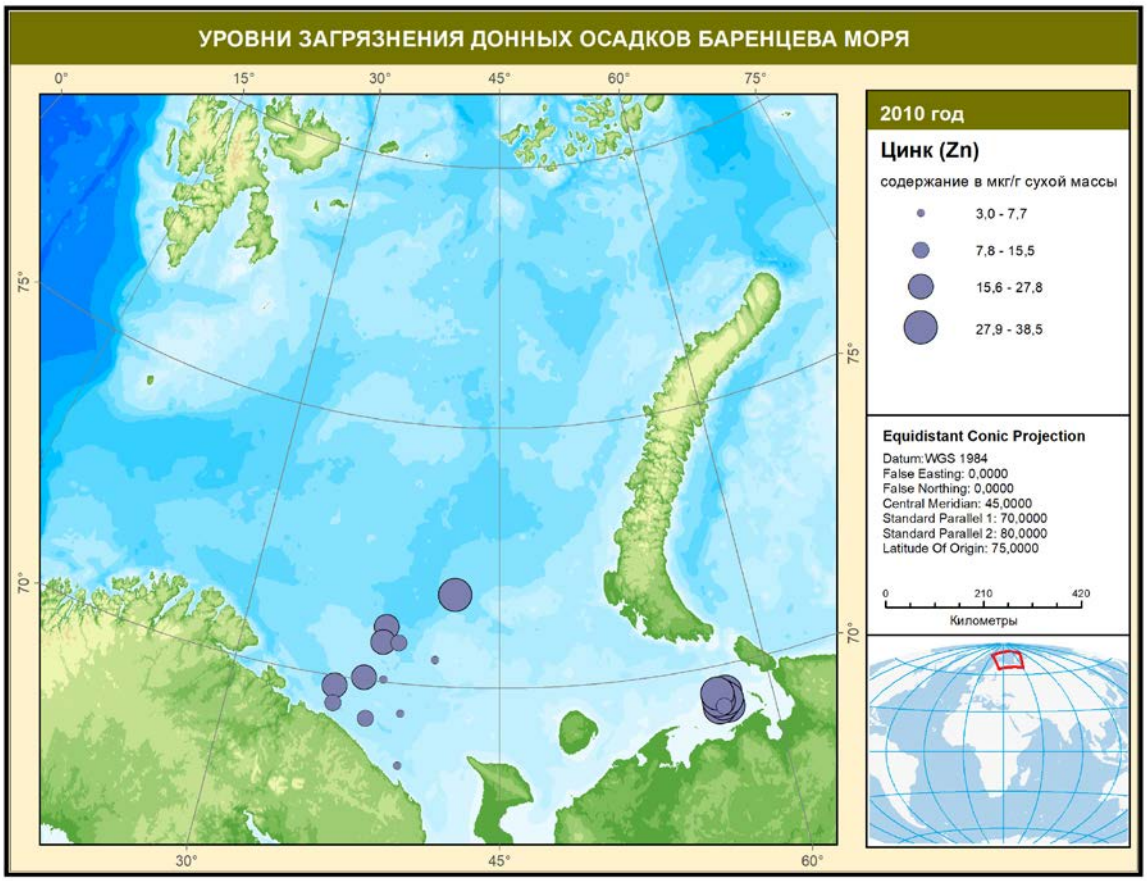

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2005 год
Цинк (Zn)
содержание в мкг/г сухой массы
2,4 - 37,3
37,4 - 61,5
61,6 - 84,3
84,4 - 108,0
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

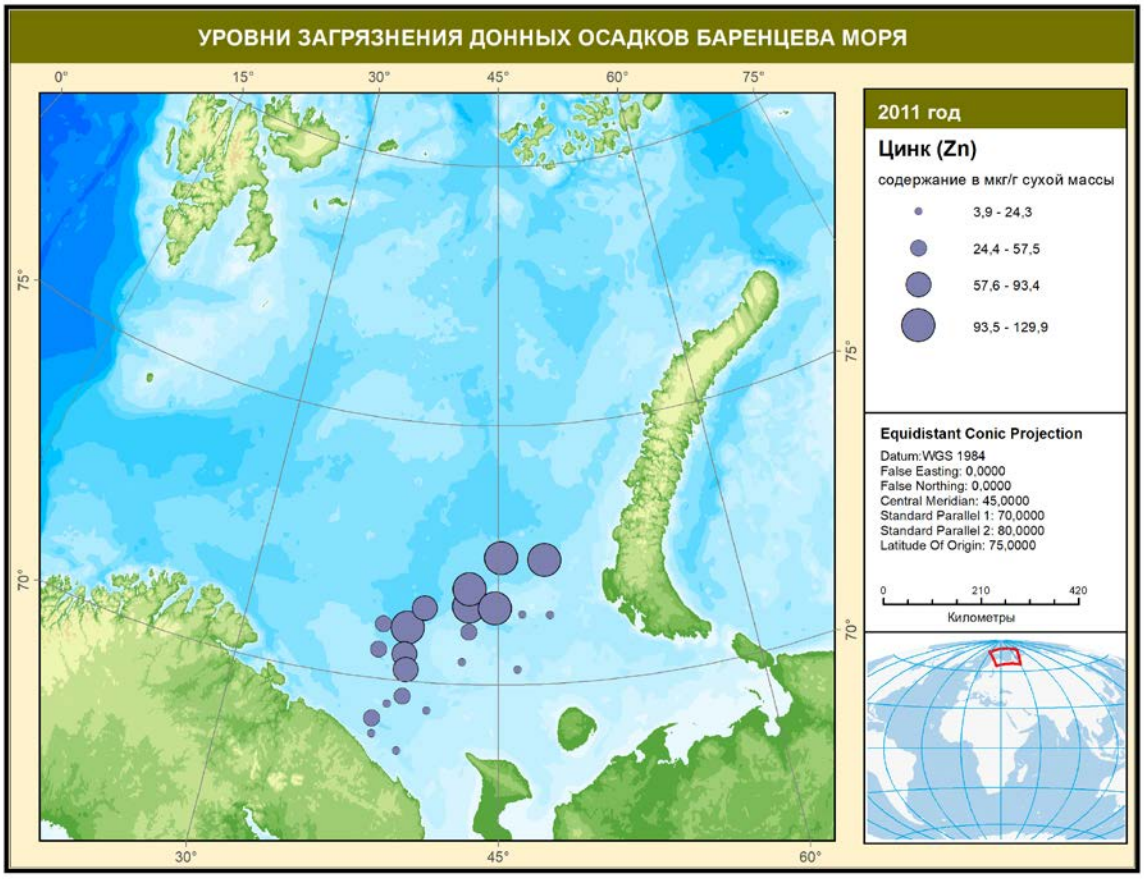

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2006 год
Цинк (Zn)
содержание в мкг/г сухой массы
46,4 - 70,0
70,1 - 93,7
93,8 - 106,6
106,7 - 112,5
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

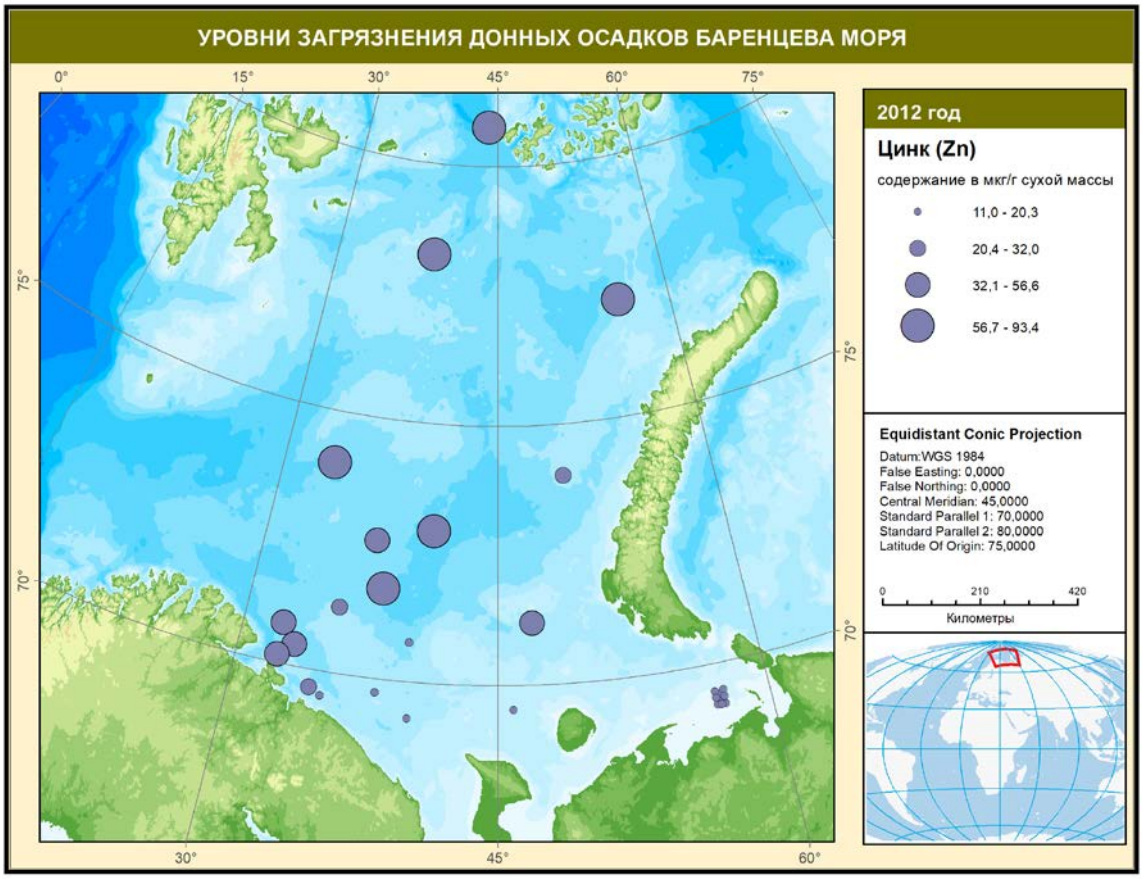
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
п-ов Рыбачий
Мотовский залив
2007 год
Цинк (Zn)
содержание в мкг/г сухой массы
16,0
31,9
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

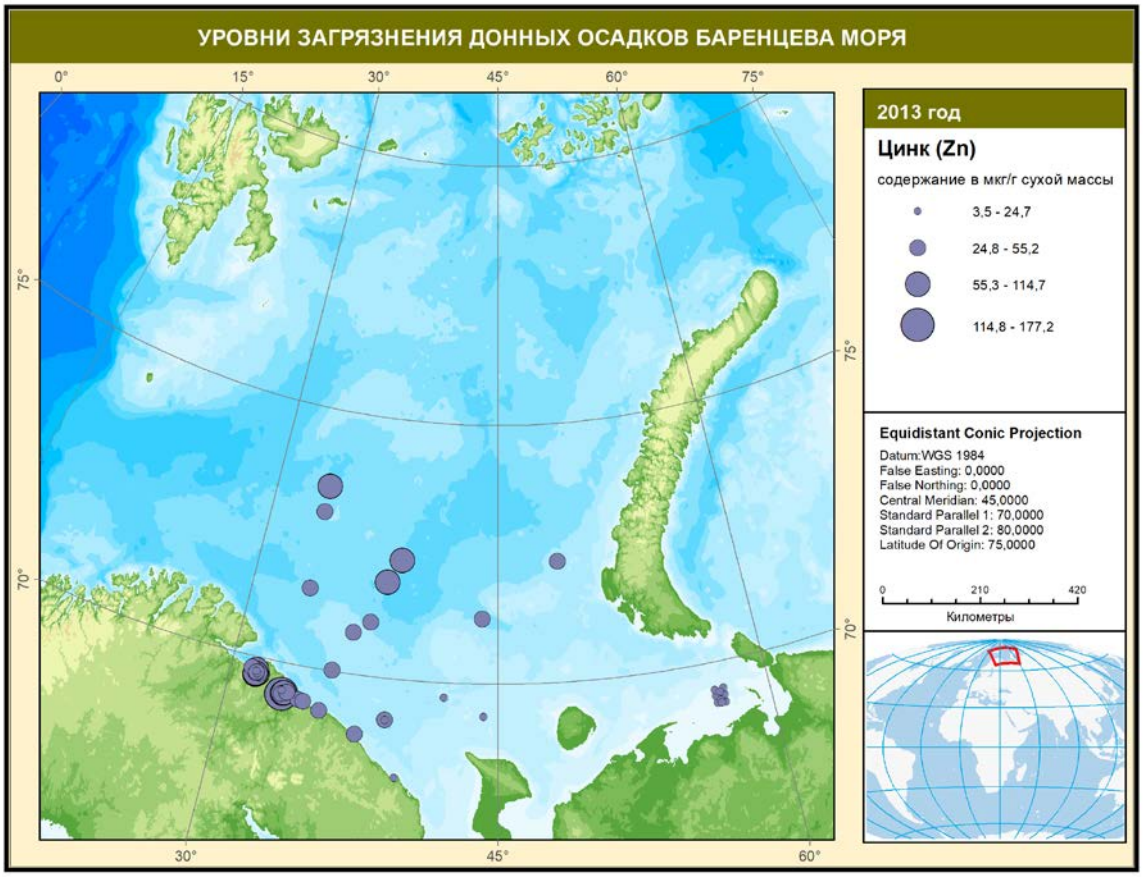
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2008 год
Цинк (Zn)
содержание в мкг/г сухой массы
58,2 - 79,1
79,2 - 110,0
110,1 - 163,0
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

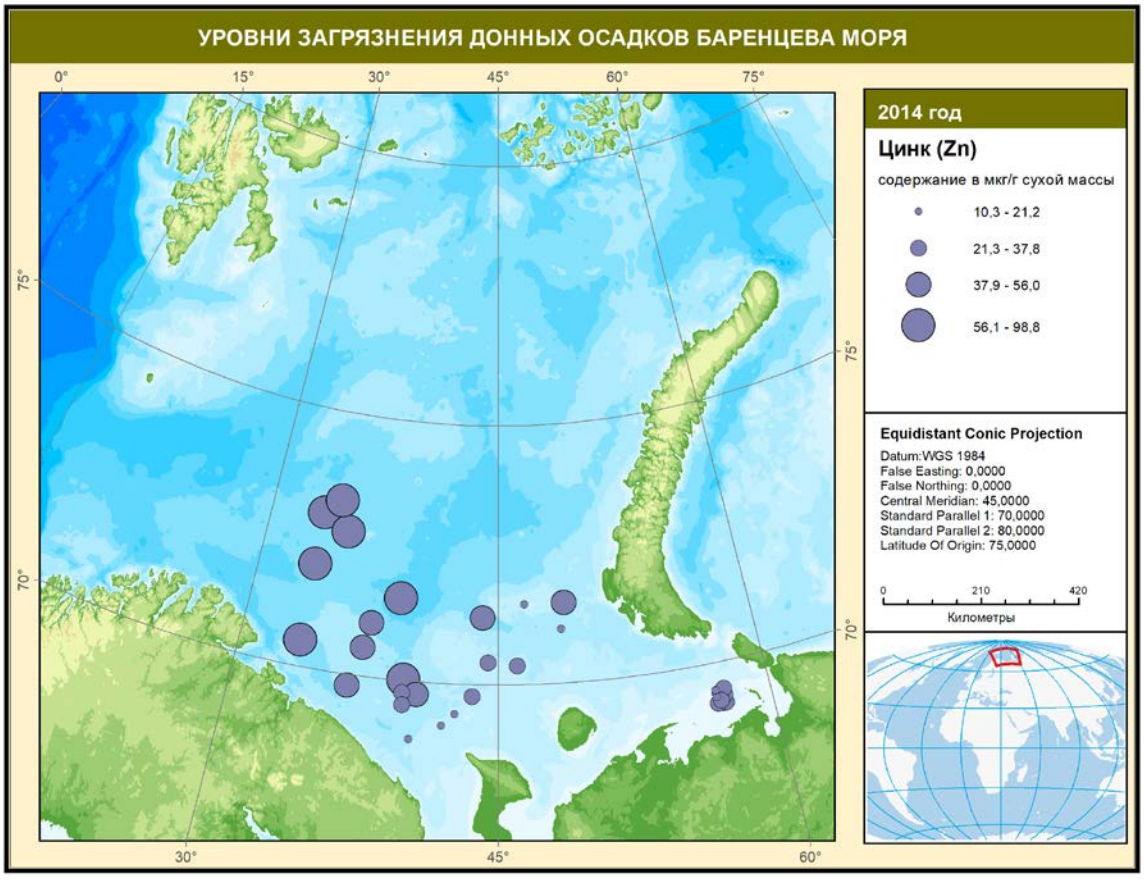

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2009 год
Цинк (Zn)
содержание в мкг/г сухой массы
9,4 - 12,0
12,1 - 21,5
21,6 - 30,1
30,2 - 36,0
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

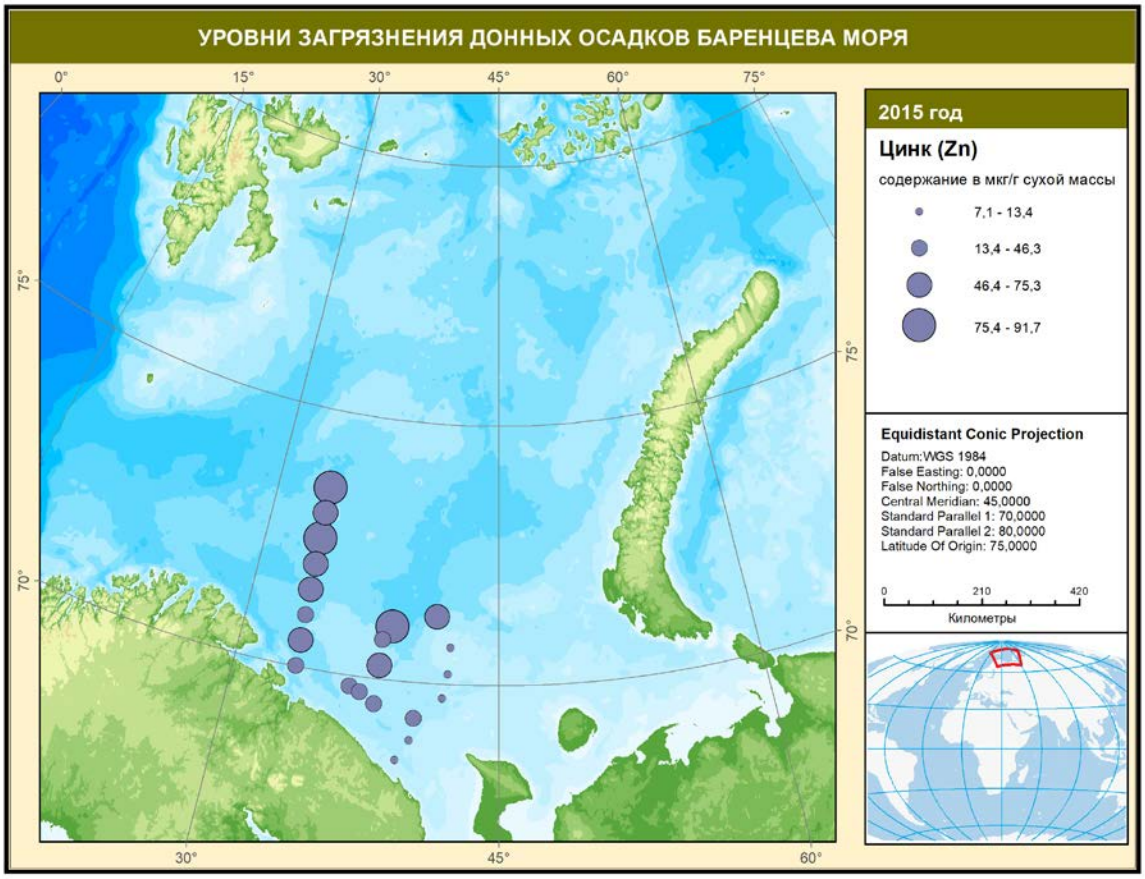

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2010 год
Цинк (Zn)
содержание в мкг/г сухой массы
3,0 - 7,7
7,8 - 15,5
15,6 - 27,8
27,9 - 38,5
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

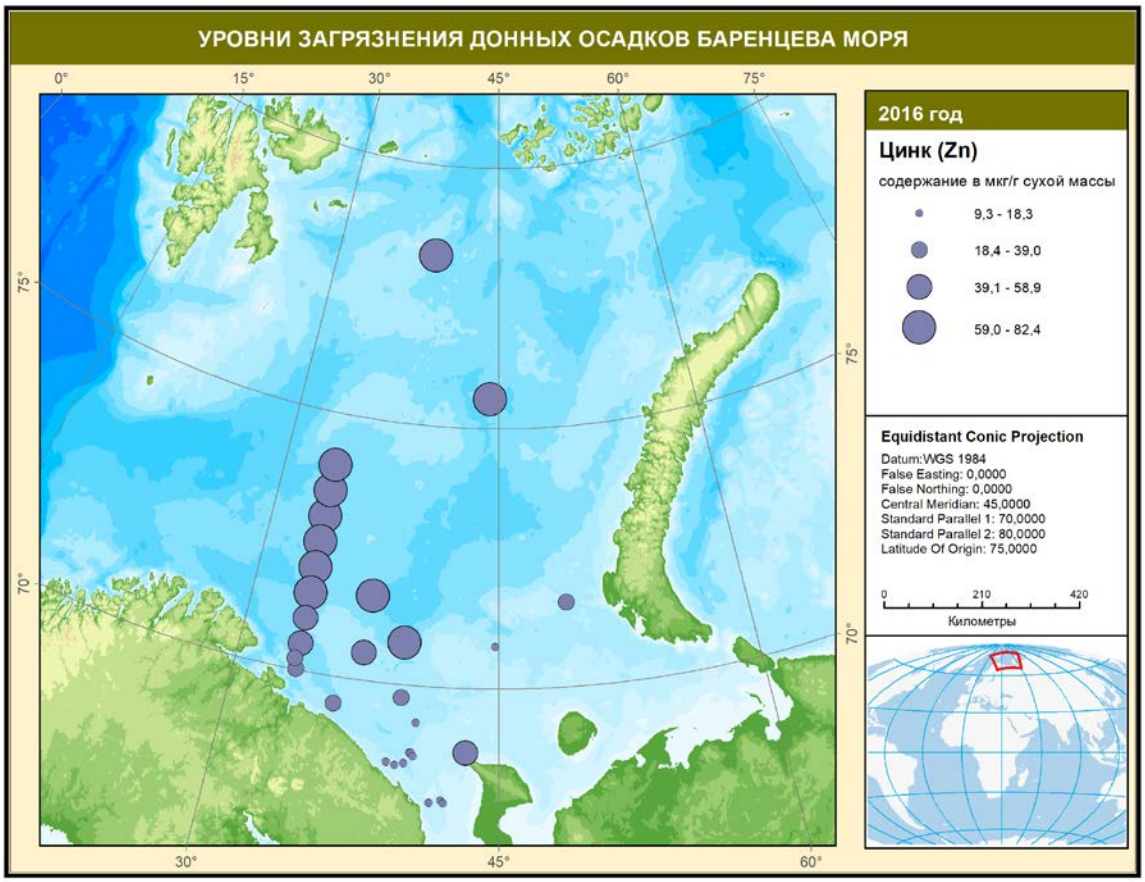

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2011 год
Цинк (Zn)
содержание в мкг/г сухой массы
3,9 - 24,3
24,4 - 57,5
57,6 - 93,4
93,5 - 129,9
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

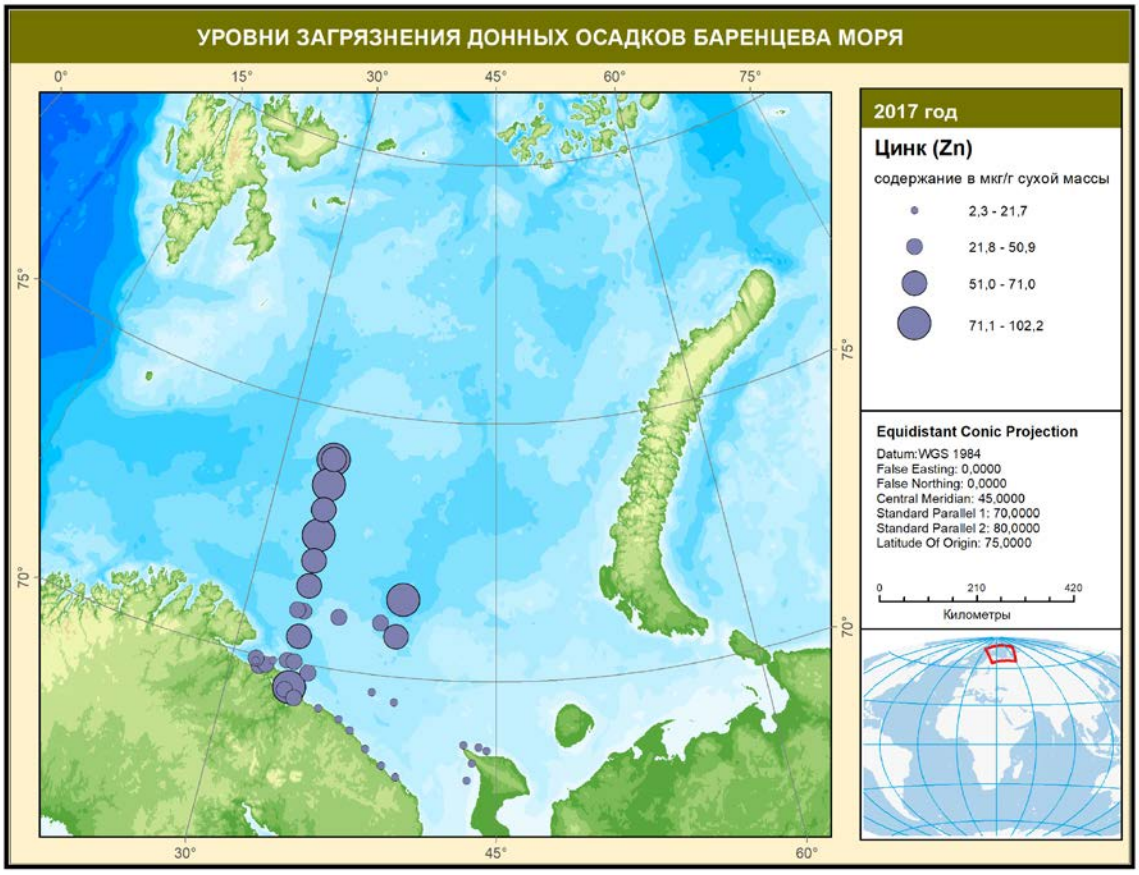

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2012 год
Цинк (Zn)
содержание в мкг/г сухой массы
11,0 - 20,3
20,4 - 32,0
32,1 - 56,6
56,7 - 93,4
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

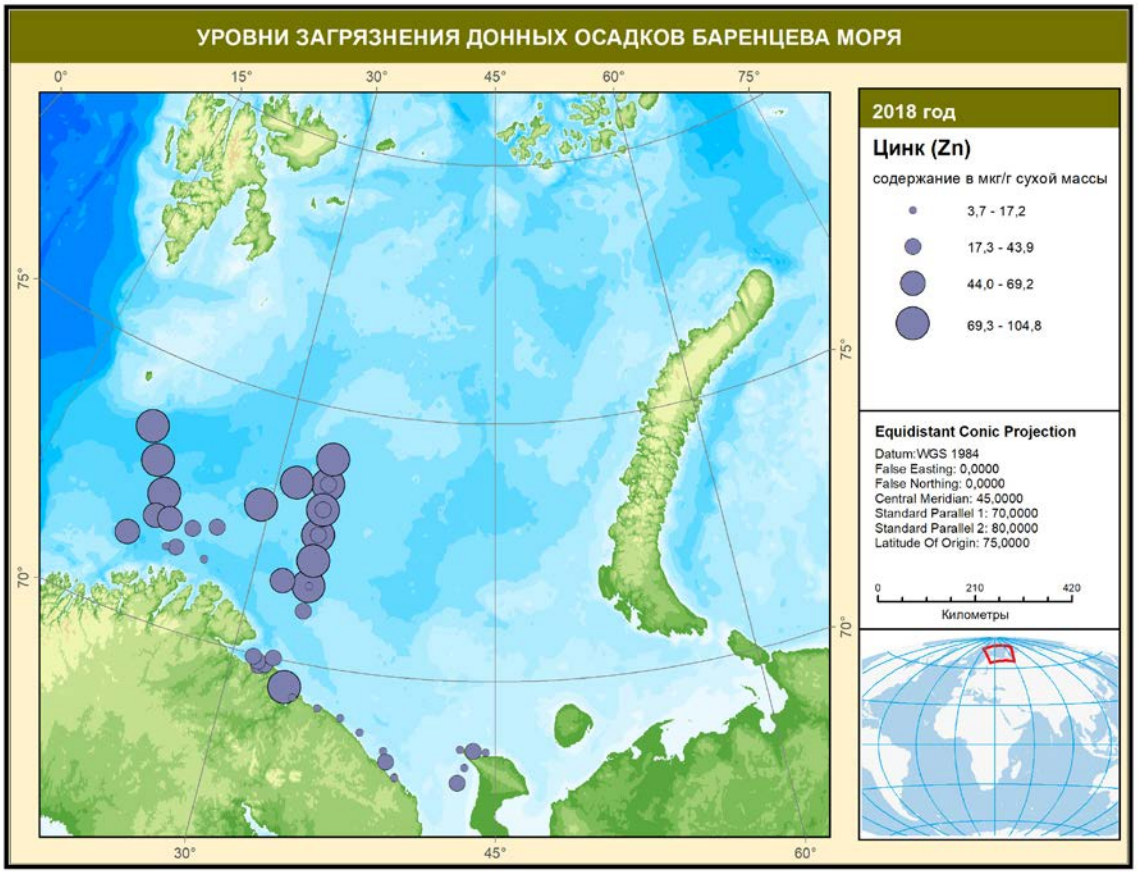

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2013 год
Цинк (Zn)
содержание в мкг/г сухой массы
3,5 - 24,7
24,8 - 55,2
55,3 - 114,7
114,8 - 177,2
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2014 год
Цинк (Zn)
содержание в мкг/г сухой массы
10,3 - 21,2
21,3 - 37,8
37,9 - 56,0
56,1 - 98,8
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2015 год
Цинк (Zn)
содержание в мкг/г сухой массы
7,1 - 13,4
13,4 - 46,3
46,4 - 75,3
75,4 - 91,7
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2016 год
Цинк (Zn)
содержание в мкг/г сухой массы
9,3 - 18,3
18,4 - 39,0
39,1 - 58,9
59,0 - 82,4
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2017 год
Цинк (Zn)
содержание в мкг/г сухой массы
2,3 - 21,7
21,8 - 50,9
51,0 - 71,0
71,1 - 102,2
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2018 год
Цинк (Zn)
содержание в мкг/г сухой массы
3,7 - 17,2
17,3 - 43,9
44,0 - 69,2
69,3 - 104,8
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

Кобальт

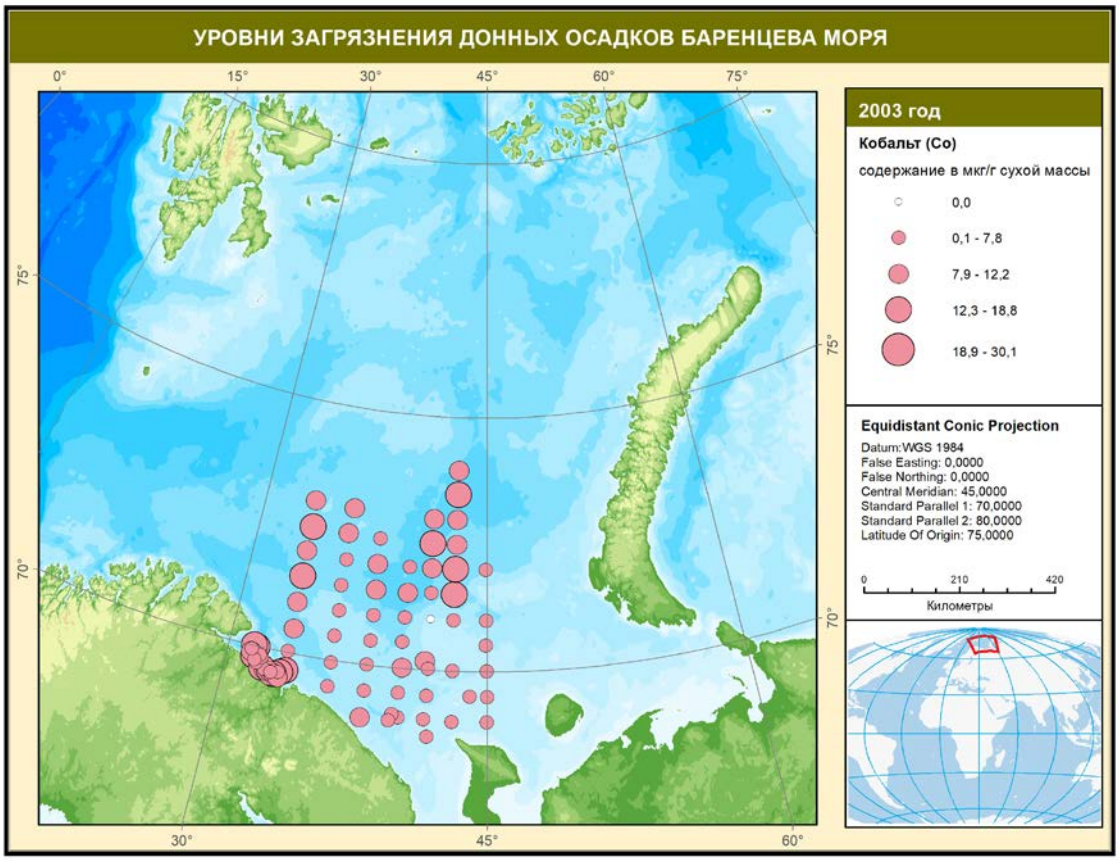
Соединения кобальта попадают в поверхностные воды в результате процессов выщелачивания их из медноколчеданных и других руд, а также изверженных, главным образом, основных и ультраосновных пород, в которых около 90 % кобальта находится в рассеянном состоянии. Соединения кобальта выносятся в водоемы со сточными водами металлургических, металлообрабатывающих и химических заводов (Резников, Муликовская, Соколов, 1970; Руководство по химическому…, 1977). Это может приводить к значительному загрязнению окружающей среды. Так, из-за выбрасываемых во внешнюю среду Норильским горно-металлургическим комбинатом загрязнений концентрации кобальта в почвах региона достигают экстремально высоких значений, превышающих ПДК в десятки раз – 0,02 % сухой массы (Диагностический анализ состояния…, 2011). Показано, что значительное загрязнение дневной поверхности кобальтом может происходить в результате пылегазовых выбросов предприятий, производящих радиоэлектронику, электротехнику, строительную керамику, а также котельные и энергетические установки (Иванов, Черкасова, 2011). Освоение нефтегазовых месторождений также способно сильно загрязнять почву и приповерхностную гидросферу. Так, в почвах районов освоения месторождений в Восточной Сибири выявляют аномалии со значительным превышением ПДК тяжелых металлов, в том числе кобальта (Копылов, 2012).

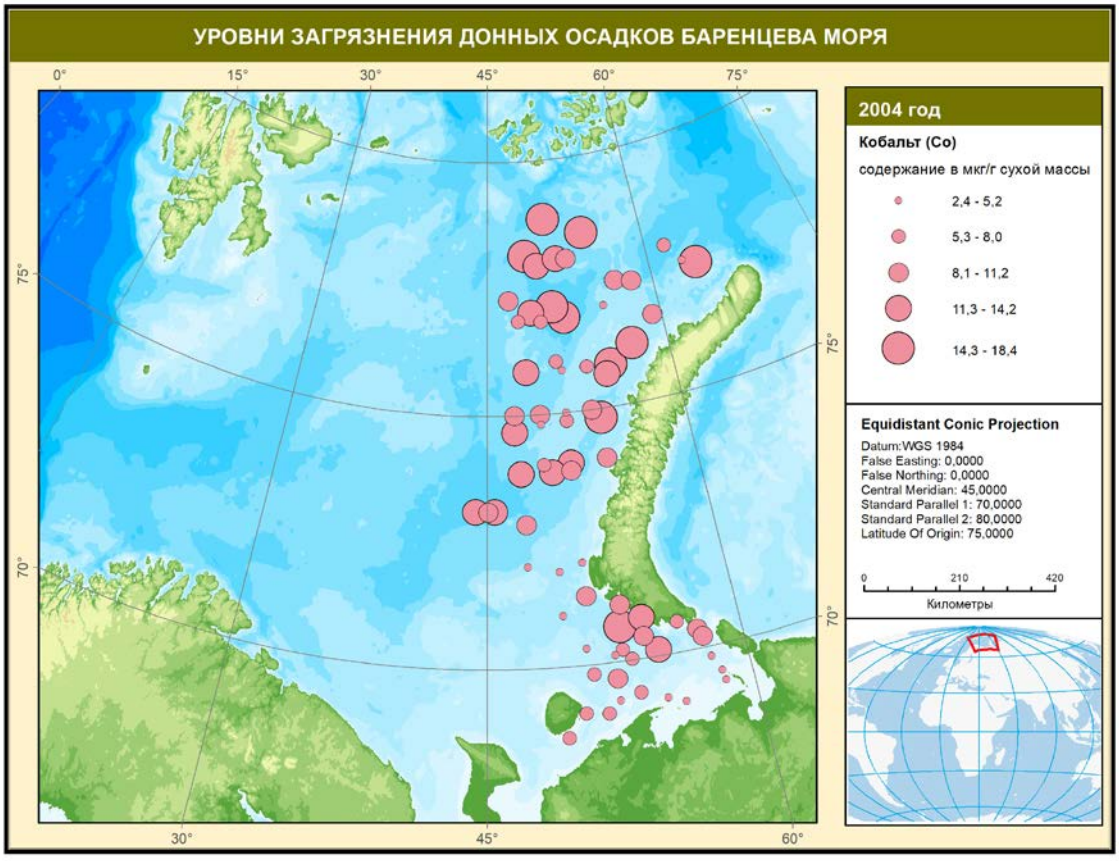
По экспертным оценкам ежегодно с речным стоком в составе взвесей и растворенных форм в океан выносится 0,34 и 0,01 млн т кобальта соответственно. Кобальт относится к числу элементов, интенсивно концентрирующих в морских илах, особенно в тех, где преобладают глинистые компоненты (Добровольский, 2003).

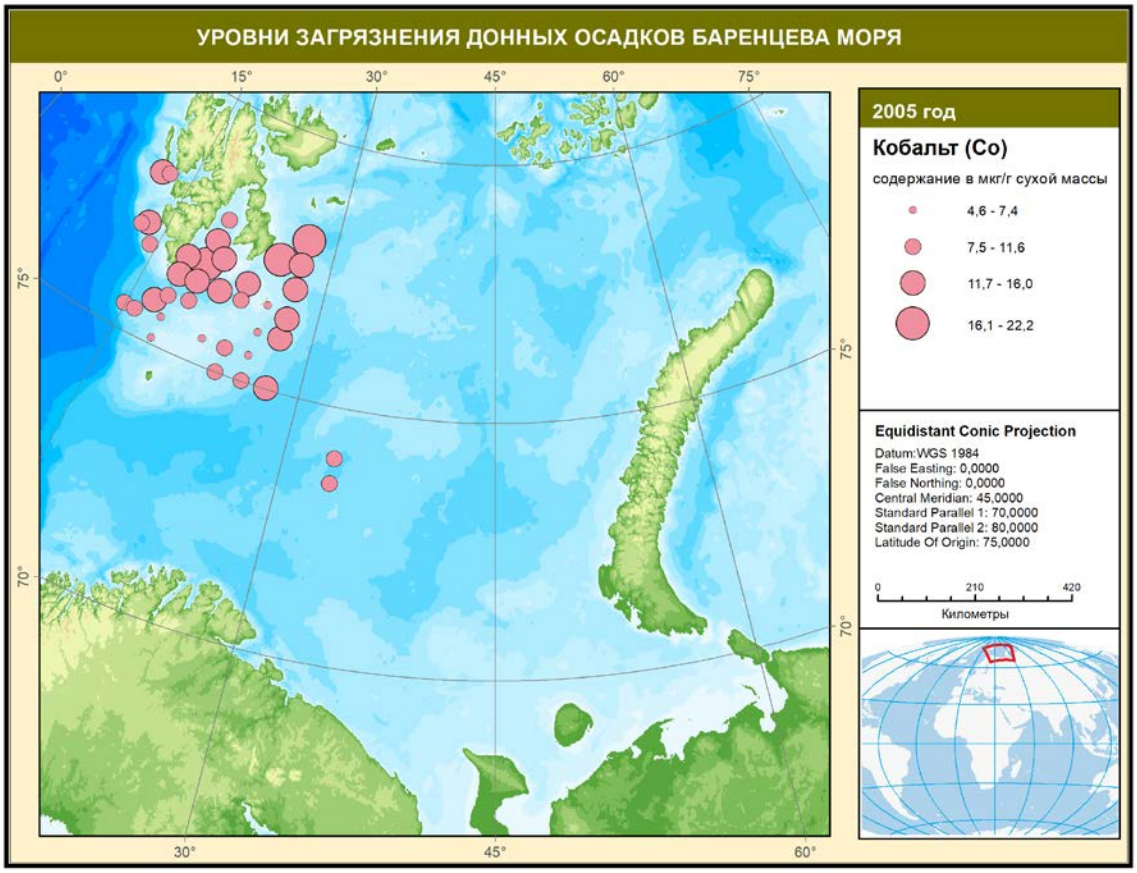
Кларк Co в земной коре – 2×10^{-5} % (Эмсли, 1993), в почве – 1×10^{-3}, золе растений – $1{,}5\times10^{-3}$ % (Виноградов, 1962). В гипергенных условиях кобальт избирательно абсорбируется гелями и геохимически связан с рудами никеля, марганца и железа. Накапливается вместе с медью в терригенных лагунно-дельтовых отложениях. Крупномасштабные процессы концентрации происходят на дне Мирового океана в кобальтоносных корках и железомарганцевых конкрециях (Н. Чертко, Э. Чертко, 2008).

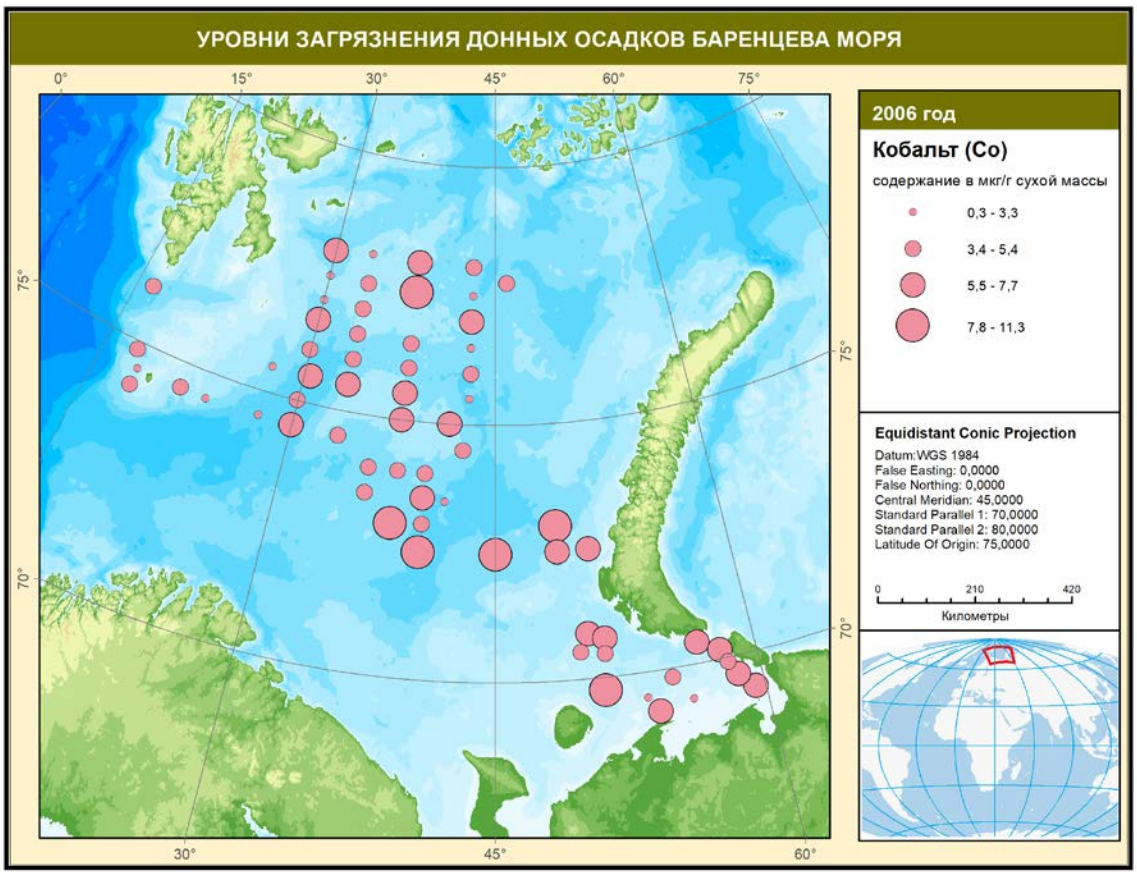
О среднем содержании кобальта в донных отложениях арктических морей России известно, что в Баренцевом море оно составляет 8,5 мкг/г сухой массы осадка (Новиков, 2017), в отложениях Восточно-Сибирского моря – 11,7 мкг/г (Газогеохимические аномалии..., 2013), Чукотского – 19 мкг/г (Литохимическая типизация обстановок..., 2013), Карского – 5,4 мкг/г (Ильин, 2009), Белого – 12 мкг/г сухой массы осадка (Особенности распределения элементов..., 2014).

Ниже приводятся карты содержания кобальта (Co) в 2003-2018 гг.

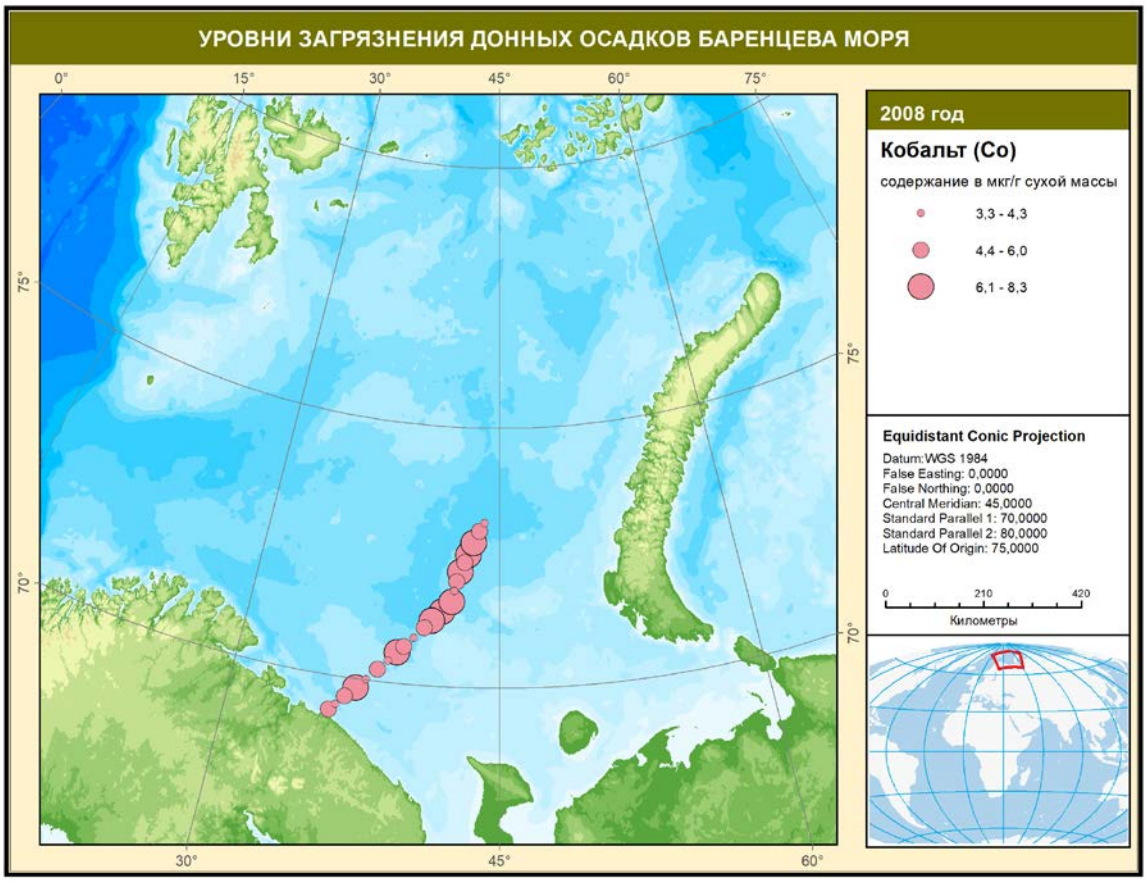

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2003 год
Кобальт (Co)
содержание в мкг/г сухой массы
0,0
0,1 - 7,8
7,9 - 12,2
12,3 - 18,8
18,9 - 30,1
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

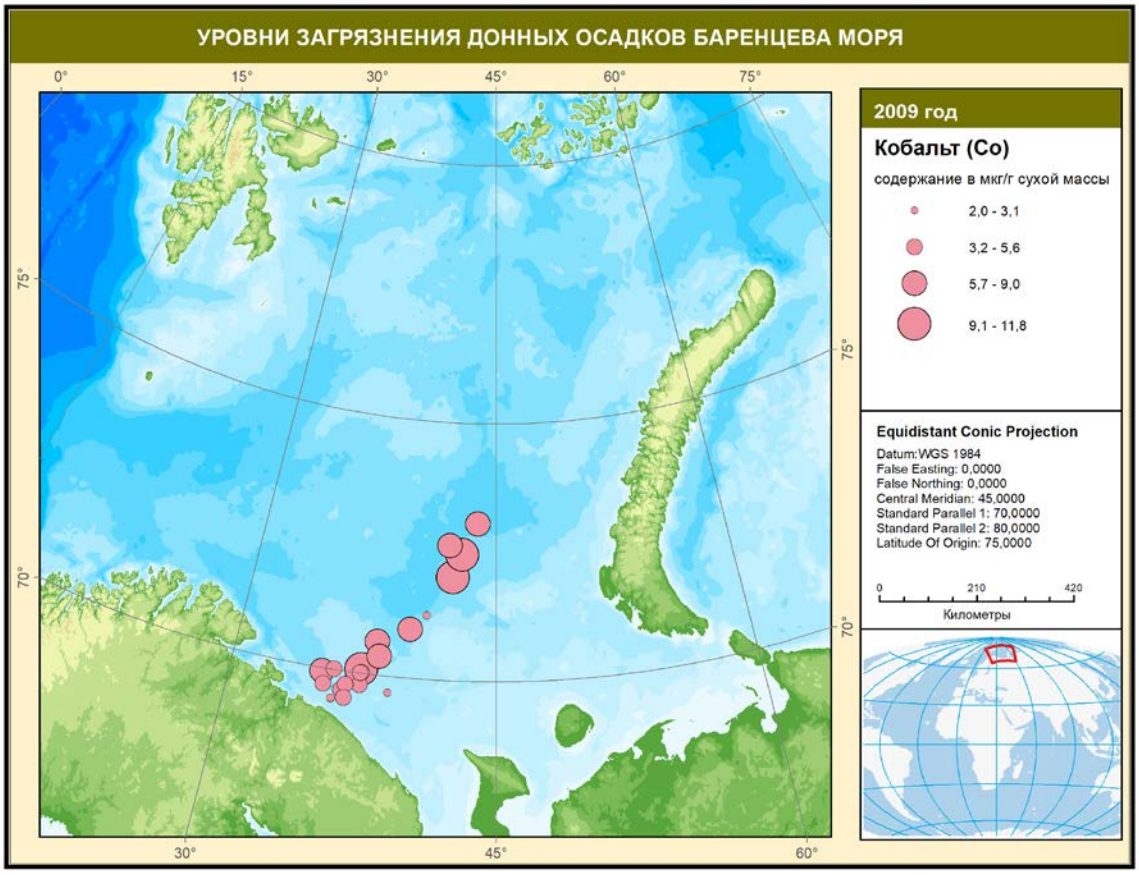

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2004 год
Кобальт (Co)
содержание в мкг/г сухой массы
2,4 - 5,2
5,3 - 8,0
8,1 - 11,2
11,3 - 14,2
14,3 - 18,4
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

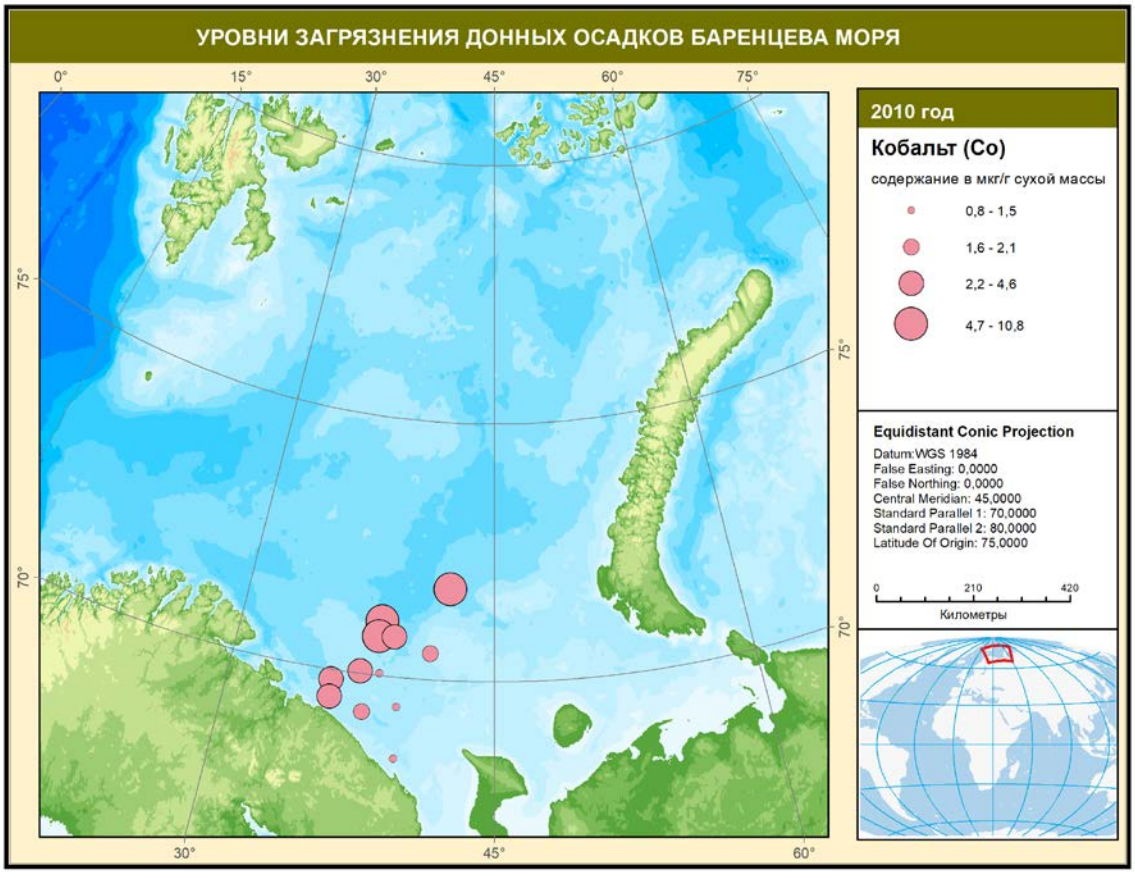

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2005 год
Кобальт (Co)
содержание в мкг/г сухой массы
4,6 - 7,4
7,5 - 11,6
11,7 - 16,0
16,1 - 22,2
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

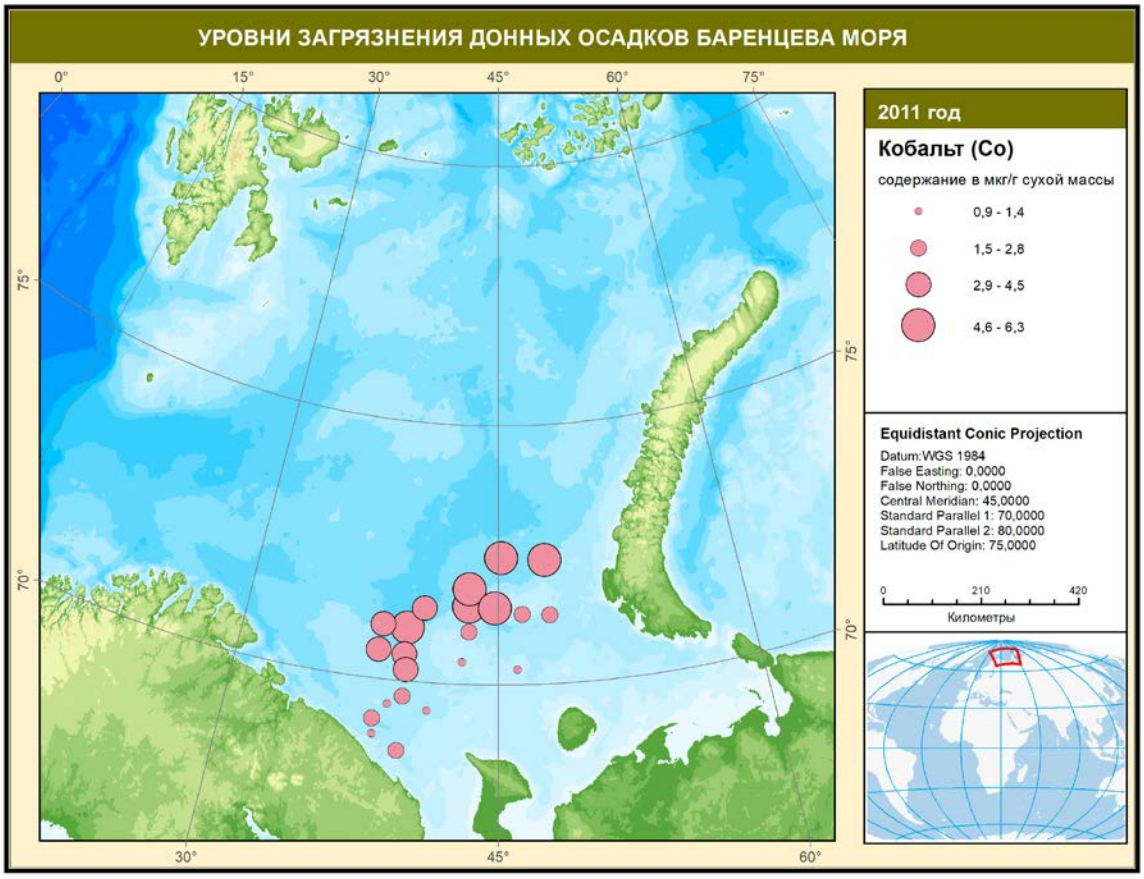

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2006 год
Кобальт (Co)
содержание в мкг/г сухой массы
0,3 - 3,3
3,4 - 5,4
5,5 - 7,7
7,8 - 11,3
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

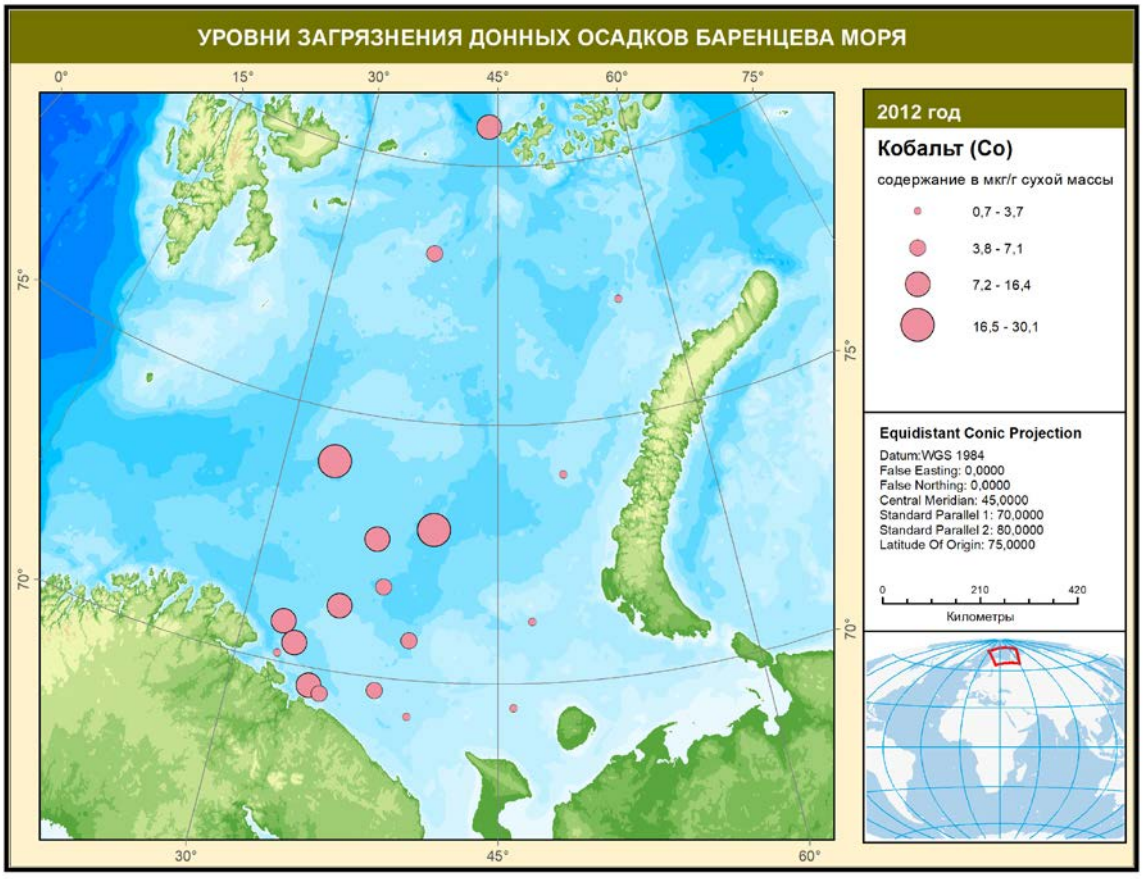
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
п-ов Рыбачий
Мотовский залив
2007 год
Кобальт (Co)
содержание в мкг/г сухой массы
9,2
13,1
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

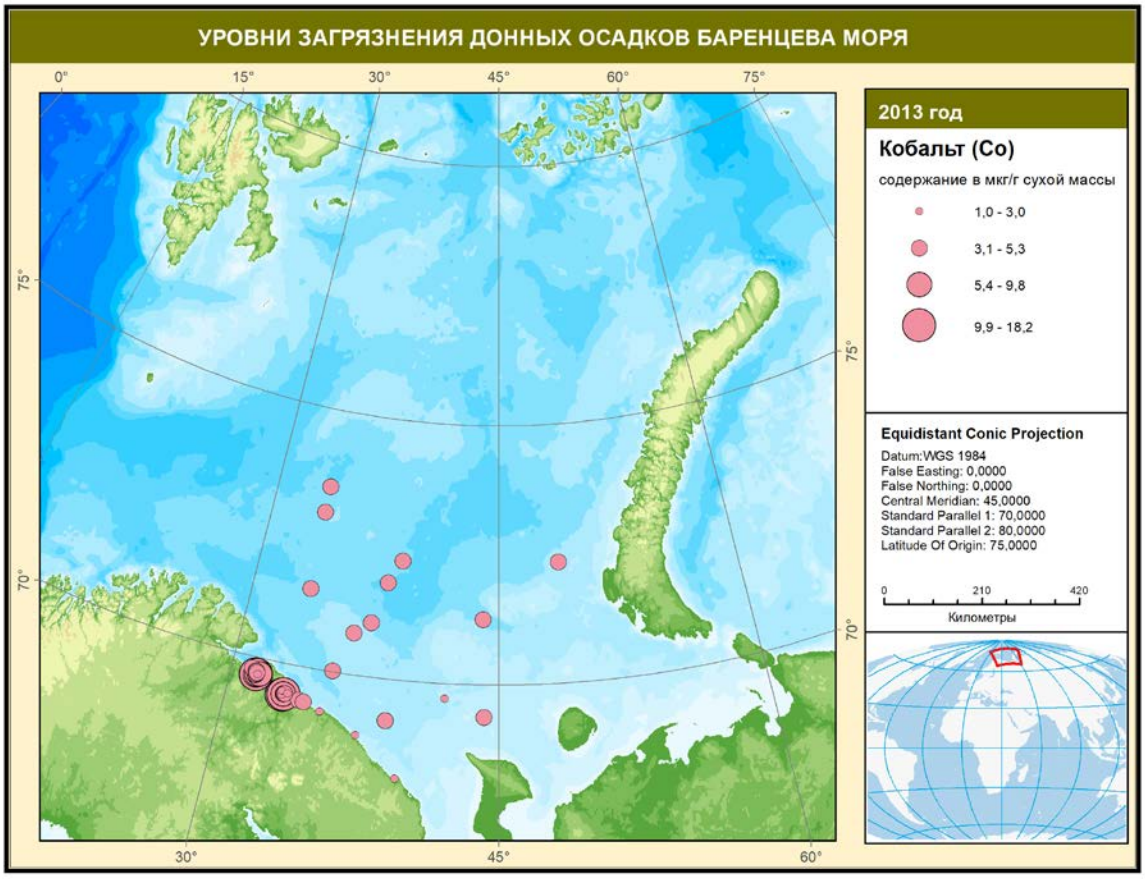

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2008 год
Кобальт (Co)
содержание в мкг/г сухой массы
3,3 - 4,3
4,4 - 6,0
6,1 - 8,3
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

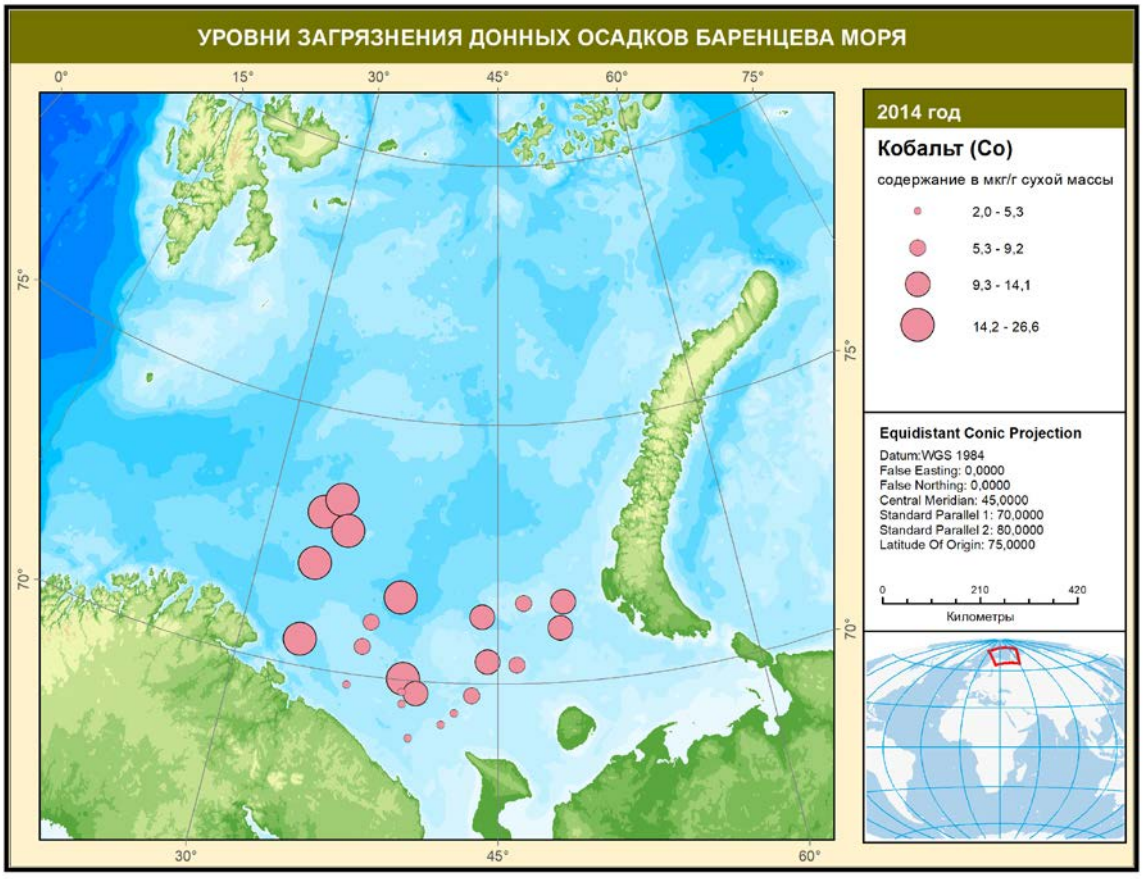

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2009 год
Кобальт (Co)
содержание в мкг/г сухой массы
2,0 - 3,1
3,2 - 5,6
5,7 - 9,0
9,1 - 11,8
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

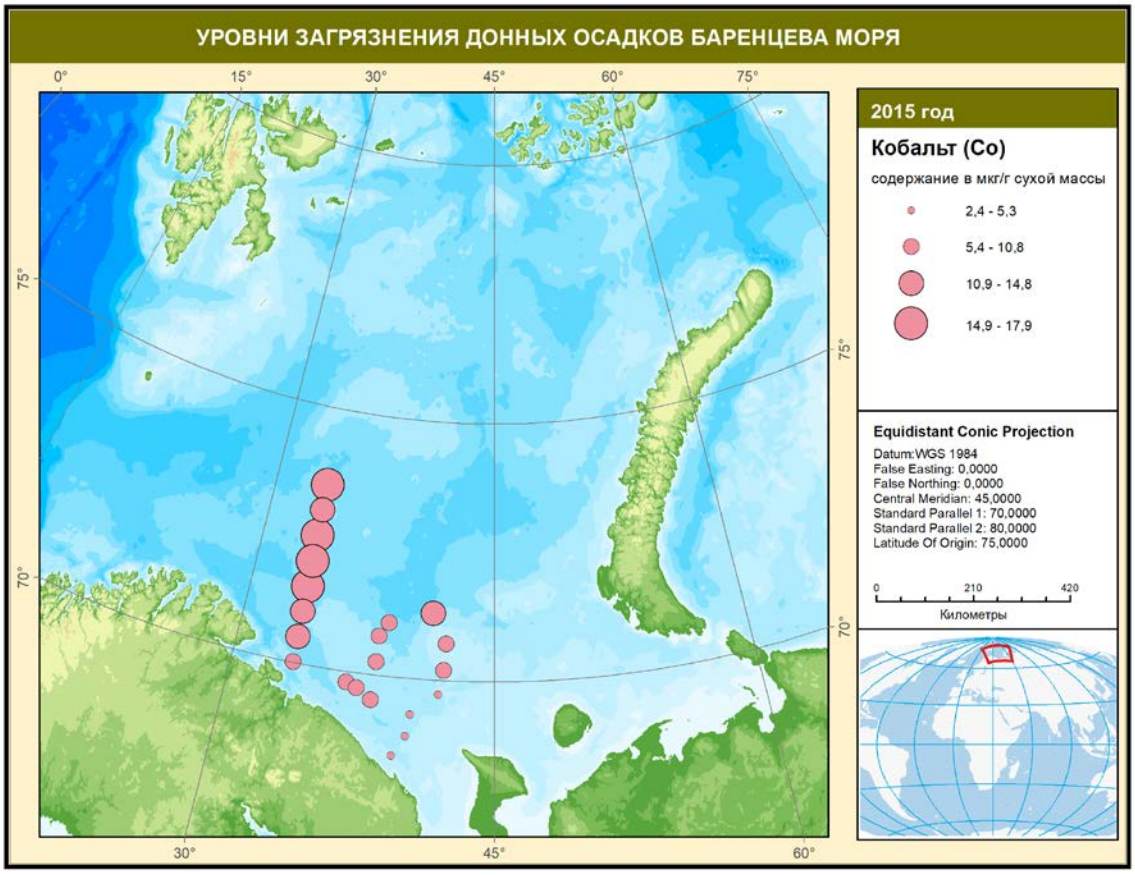

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2010 год
Кобальт (Co)
содержание в мкг/г сухой массы
0,8 - 1,5
1,6 - 2,1
2,2 - 4,6
4,7 - 10,8
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

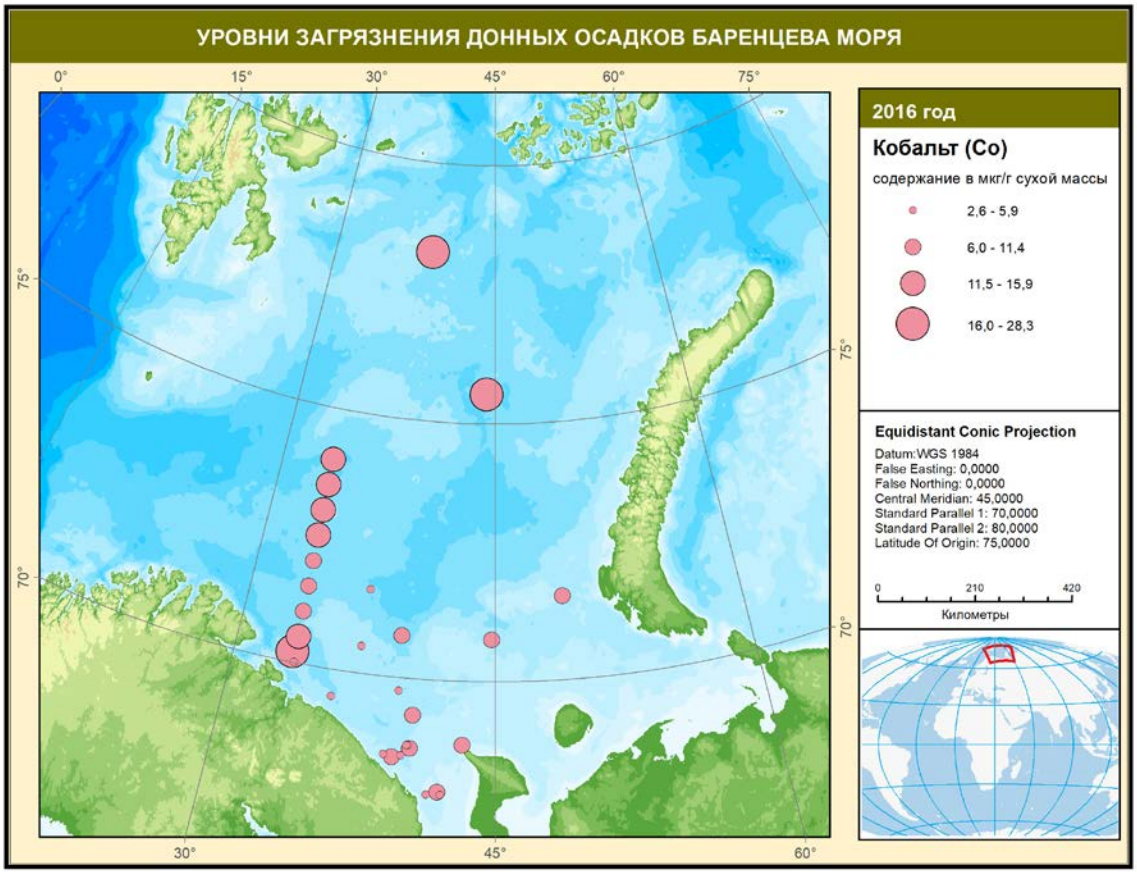

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2011 год
Кобальт (Co)
содержание в мкг/г сухой массы
0,9 - 1,4
1,5 - 2,8
2,9 - 4,5
4,6 - 6,3
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

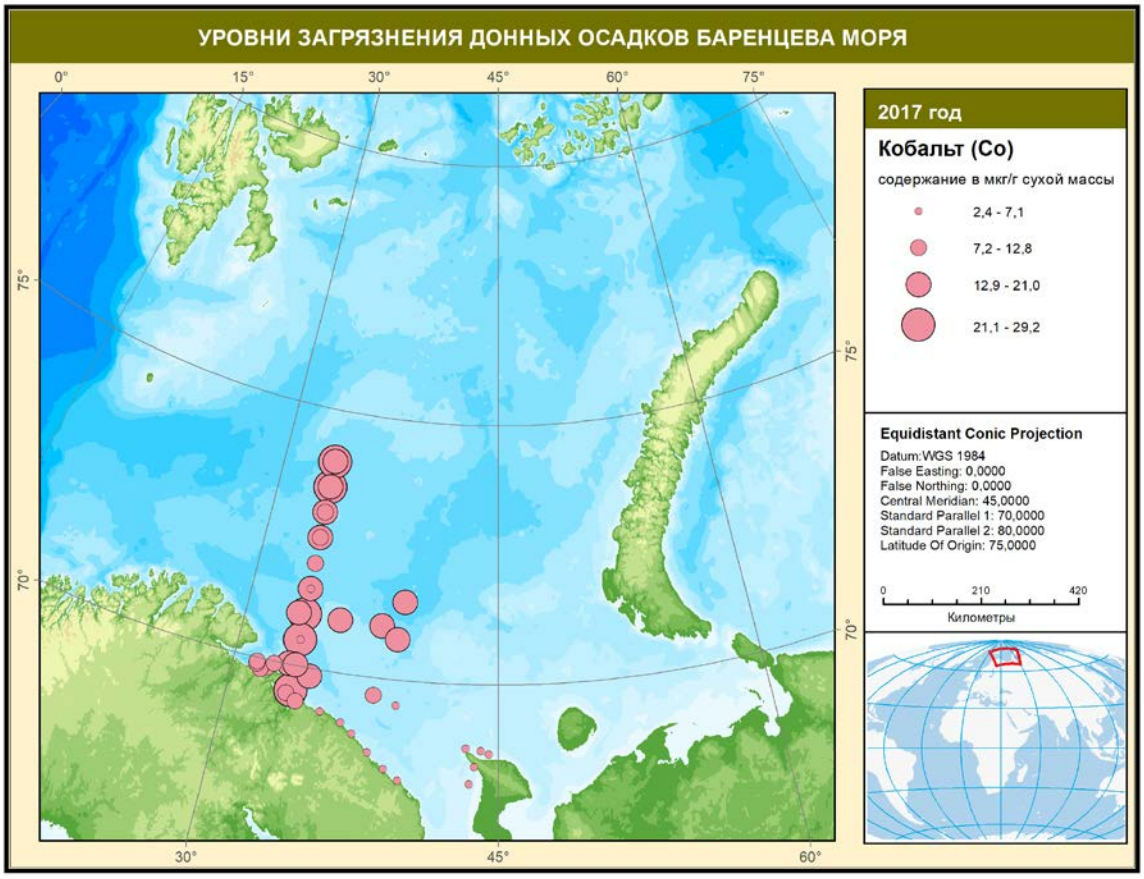

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2012 год
Кобальт (Co)
содержание в мкг/г сухой массы
0,7 - 3,7
3,8 - 7,1
7,2 - 16,4
16,5 - 30,1
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

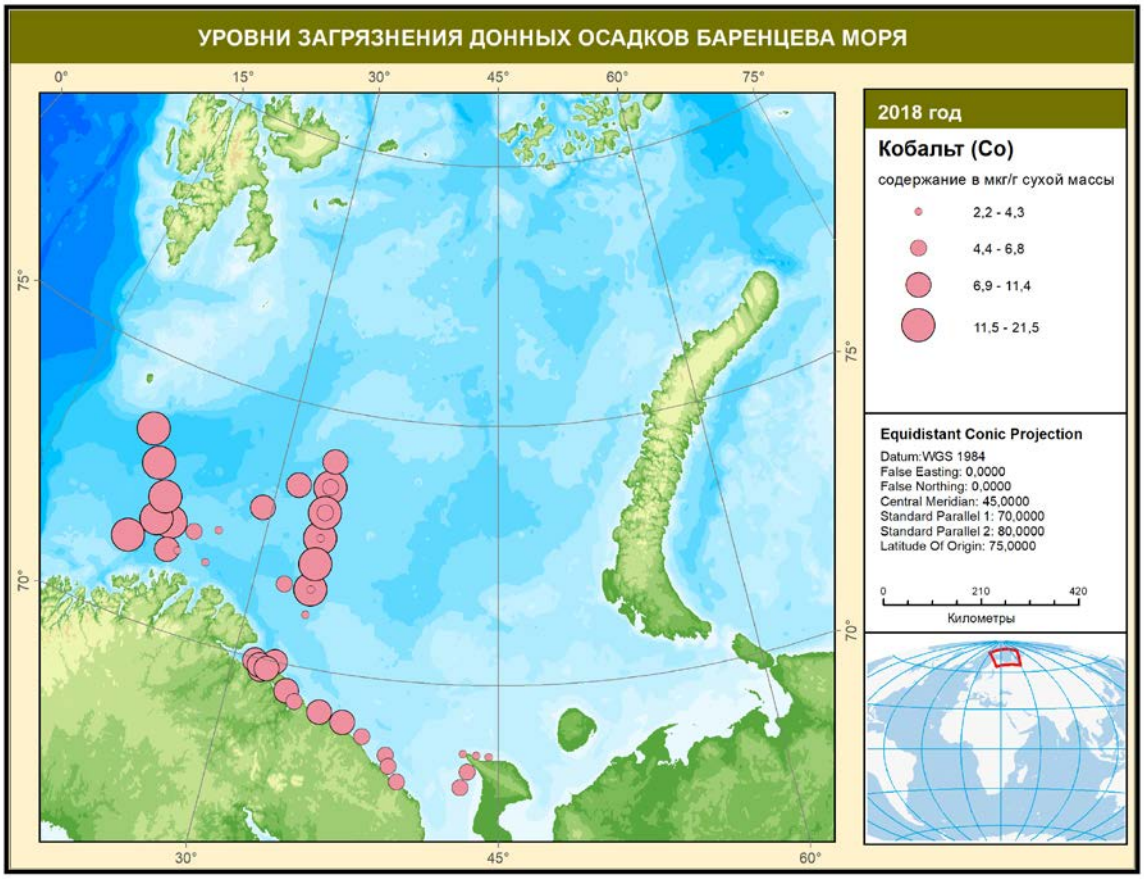

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2013 год
Кобальт (Co)
содержание в мкг/г сухой массы
1,0 - 3,0
3,1 - 5,3
5,4 - 9,8
9,9 - 18,2
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2014 год
Кобальт (Co)
содержание в мкг/г сухой массы
2,0 - 5,3
5,3 - 9,2
9,3 - 14,1
14,2 - 26,6
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2015 год
Кобальт (Co)
содержание в мкг/г сухой массы
2,4 - 5,3
5,4 - 10,8
10,9 - 14,8
14,9 - 17,9
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2016 год
Кобальт (Co)
содержание в мкг/г сухой массы
2,6 - 5,9
6,0 - 11,4
11,5 - 15,9
16,0 - 28,3
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2017 год
Кобальт (Co)
содержание в мкг/г сухой массы
2,4 - 7,1
7,2 - 12,8
12,9 - 21,0
21,1 - 29,2
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2018 год
Кобальт (Co)
содержание в мкг/г сухой массы
2,2 - 4,3
4,4 - 6,8
6,9 - 11,4
11,5 - 21,5
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

ПАУ

Полициклические ароматические соединения (ПАУ) обычно составляют до 10 % сырой нефти, тогда как в нефтеносных сланцах из каменного угля их количество может достигать 15 %. ПАУ рассматриваются как приоритетные загрязняющие вещества, подлежащие контролю при мониторинге состояния окружающей среды. Их содержание в различных природных средах интенсивно изучается, так как они проявляют канцерогенную и мутагенную активность (Ровинский, Теплицкая, Алексеева, 1988). ПАУ поступают в окружающую среду в процессе разливов нефти, сжигания топлива, лесных пожаров и промышленных выбросов. Этот класс химических соединений образуется в процессе термального изменения органического вещества, поэтому ПАУ практически всегда присутствуют в органической фракции аэрозолей (AMAP, 2007).

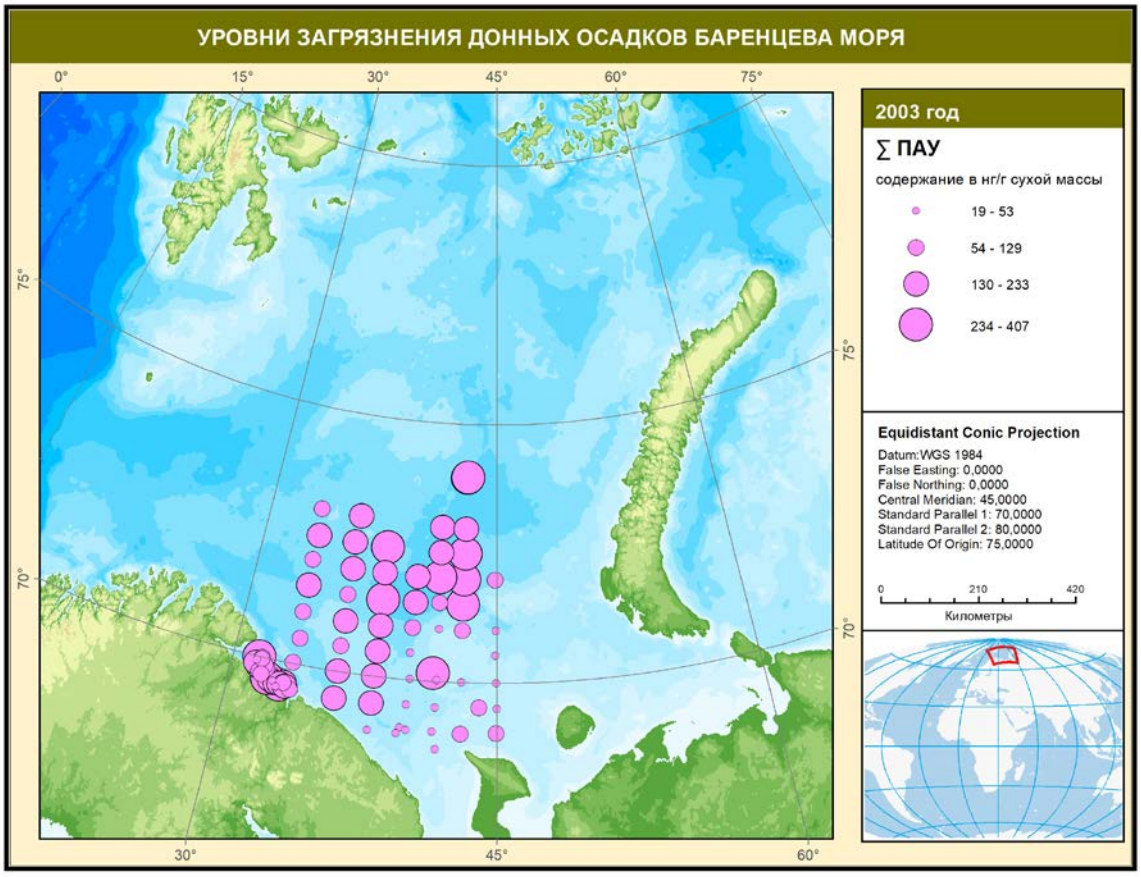
ПАУ не производятся промышленностью, они образуются в процессах горения и содержатся во многих природных продуктах, например, в смолах и битумах. Они выделяются из гуминовых компонентов почвы, содержатся в саже и выхлопных газах двигателей (Другов, Родин, 2012). При горении материалов, содержащих углерод и водород, таких как нефть и нефтепродукты, уголь, древесина, бумага и т.д., образуется смесь углеводородов, в которой доминируют ПАУ. Считается, что пиролитическое образование ПАУ происходит в основном при относительно высоких температурах (650-6900°C) и недостатке кислорода в пламени (Ровинский, Теплицкая, Алексеева, 1988).

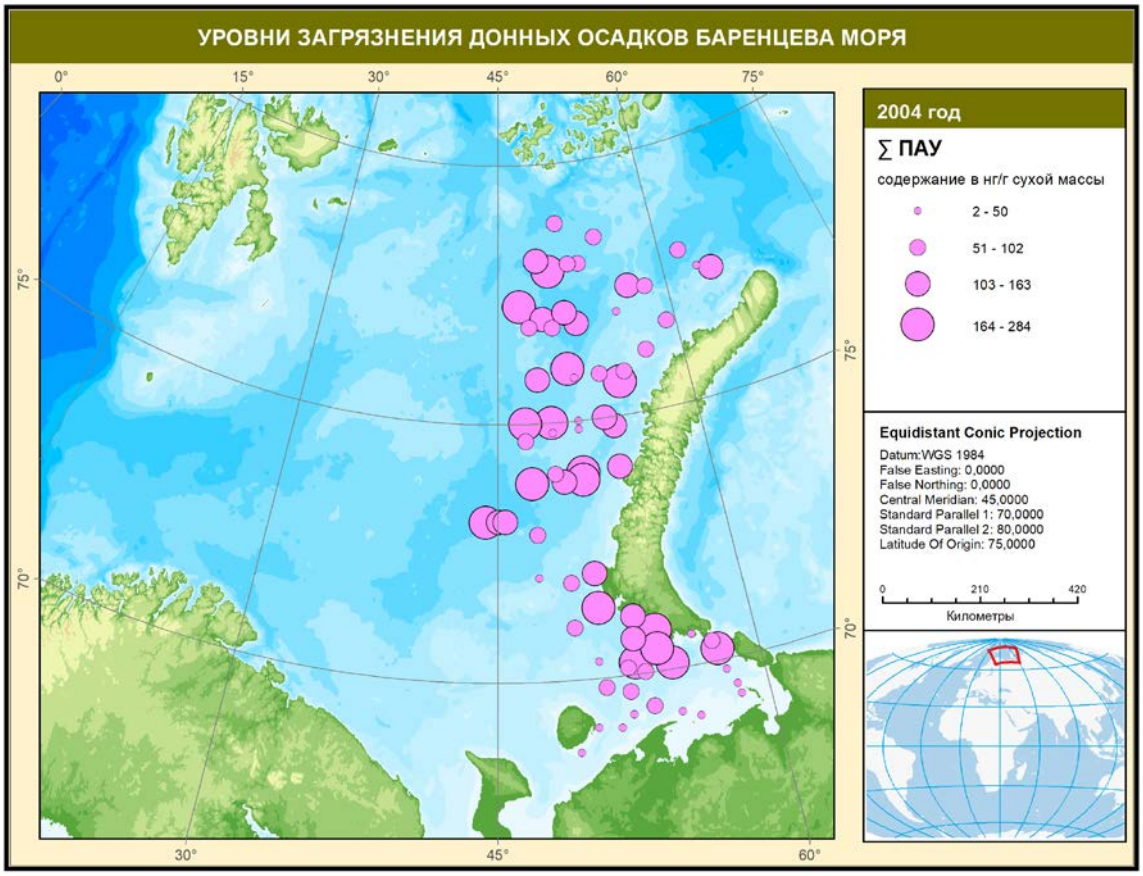
В распространении ПАУ важнейшую роль играют процессы атмосферного переноса и выпадения (Диагностический анализ состояния…, 2011), при этом надо учесть, что основная часть органического вещества и алифатических углеводородов в аэрозолях над Арктикой имеет природное (биогенное) происхождение (Лисицын, 2001). Углеводороды ароматической структуры обычно присутствуют в морской воде в очень малых концентрациях.

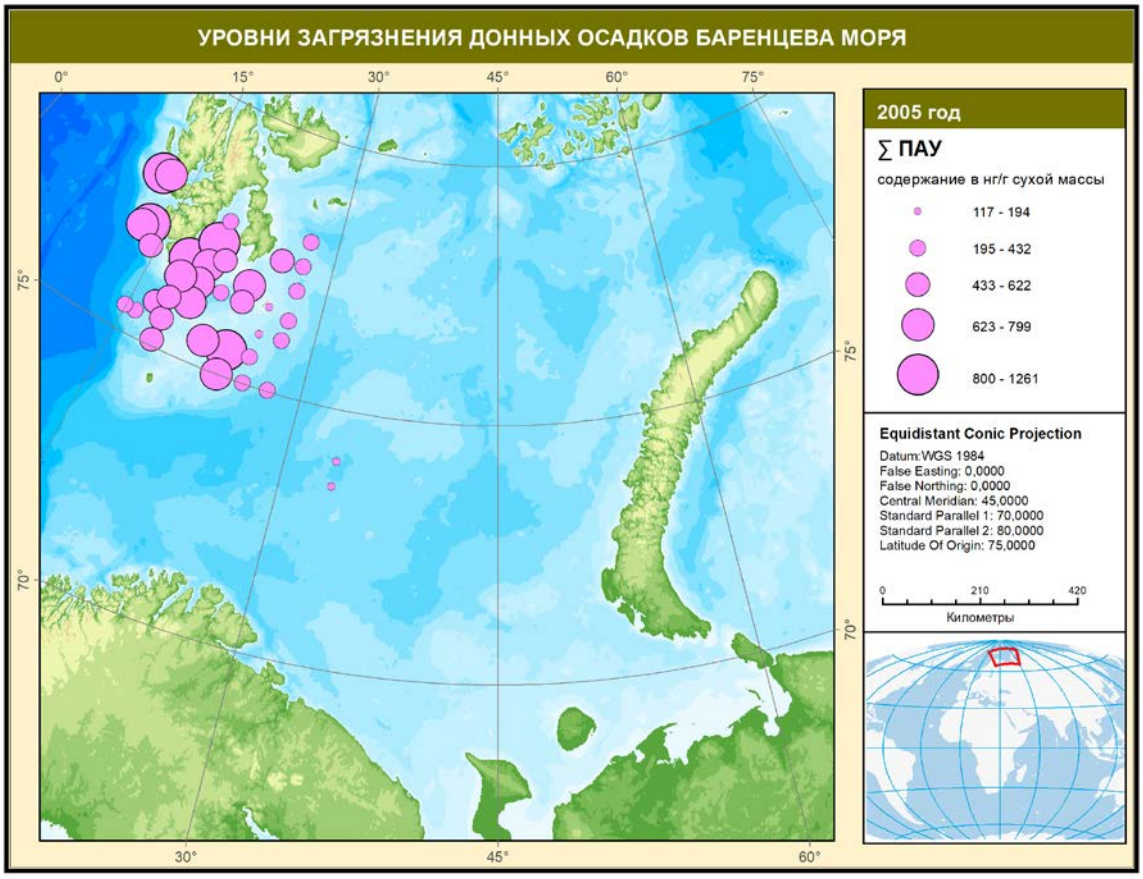
Известно, что содержание ПАУ в донных отложениях Белого моря варьирует в пределах от 12,4 до 236,4 нг/г (Немировская, 2009), Карского – от 6 до 90 нг/г (Ильин, 2009), по другим данным – от 46 до 166 нг/г (Диагностический анализ состояния…, 2011), в отложениях моря Лаптевых – от 1 до 97 нг/г сухой массы осадка (Диагностический анализ состояния…, 2011; Ильин, Матишов, Касаткина, 2011). Сравнение уровней содержания ПАУ в донных осадках Карского, Баренцева, Белого и других морей показало, что современная экологическая ситуация в арктических морях России отличается большим разнообразием условий и факторов антропогенного воздействия (Диагностический анализ состояния…, 2011).

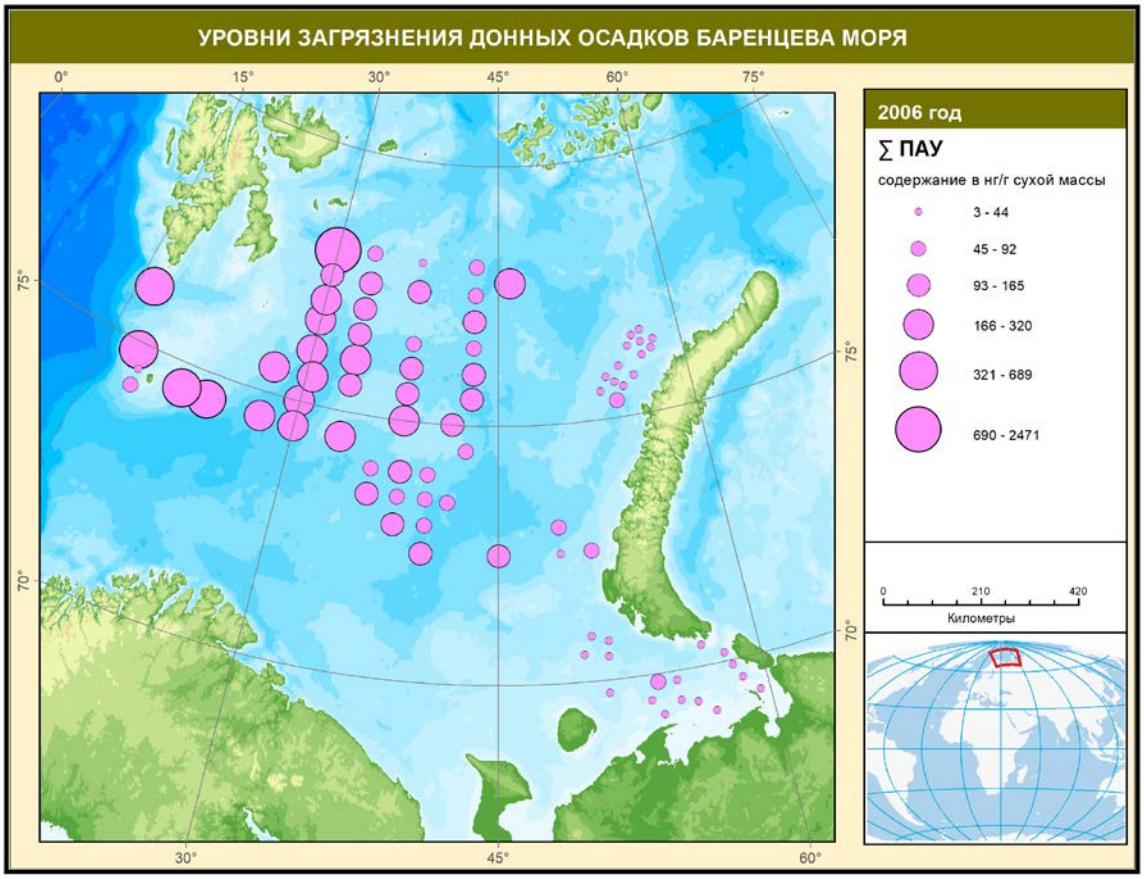
За содержание ПАУ в донных отложениях Баренцева моря, отображенное на картах атласа, принимали сумму концентраций следующих 19 соединений (∑ПАУ): нафталин, 2-метилнафталин, 1-метилнафталин, аценафтилен, аценафтен, флуорен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз(*a*)антрацен, хризен, бенз(*b*)флуорантен, бенз(*k*)флуорантен, бенз(*a*)пирен, перилен, индено(1,2,3-cd)пирен, дибенз(*a,h*)антрацен, бенз(*g,h,i*)перилен.

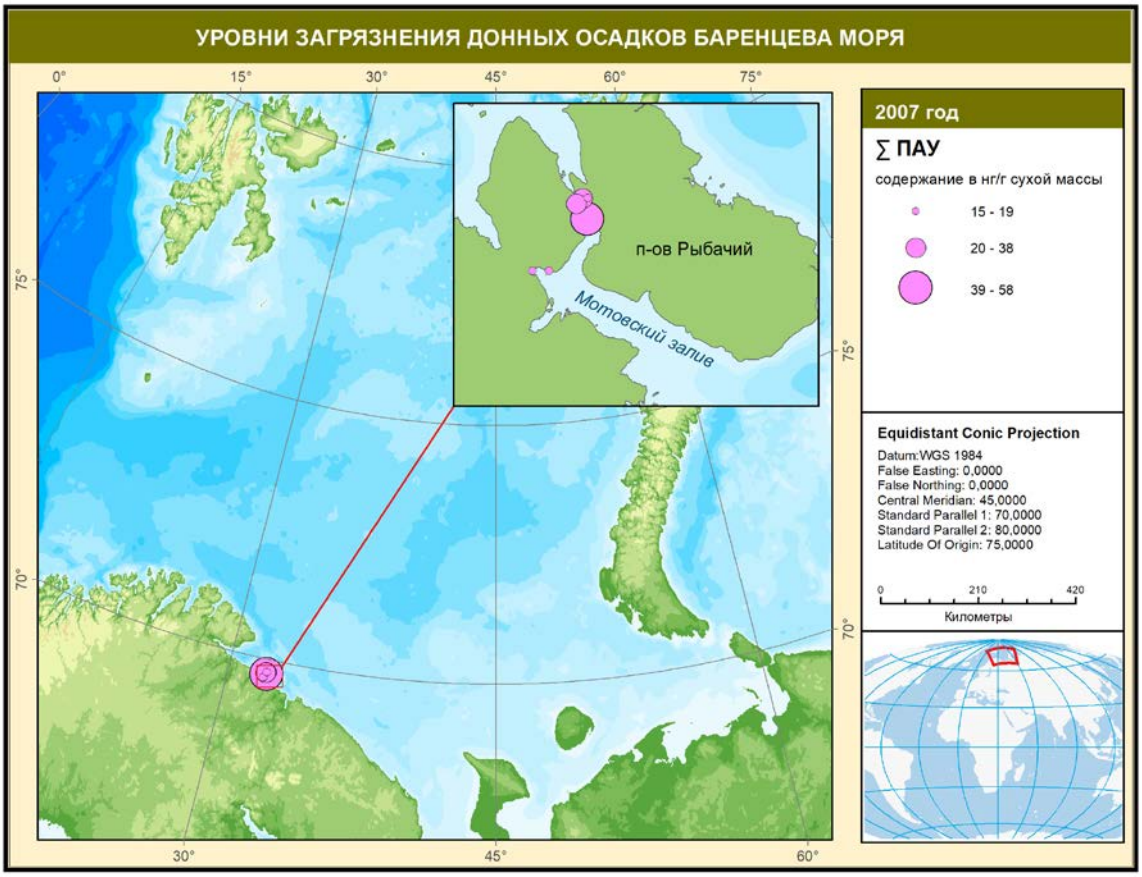
Ниже приводятся карты содержания ПАУ в 2003-2016 гг.

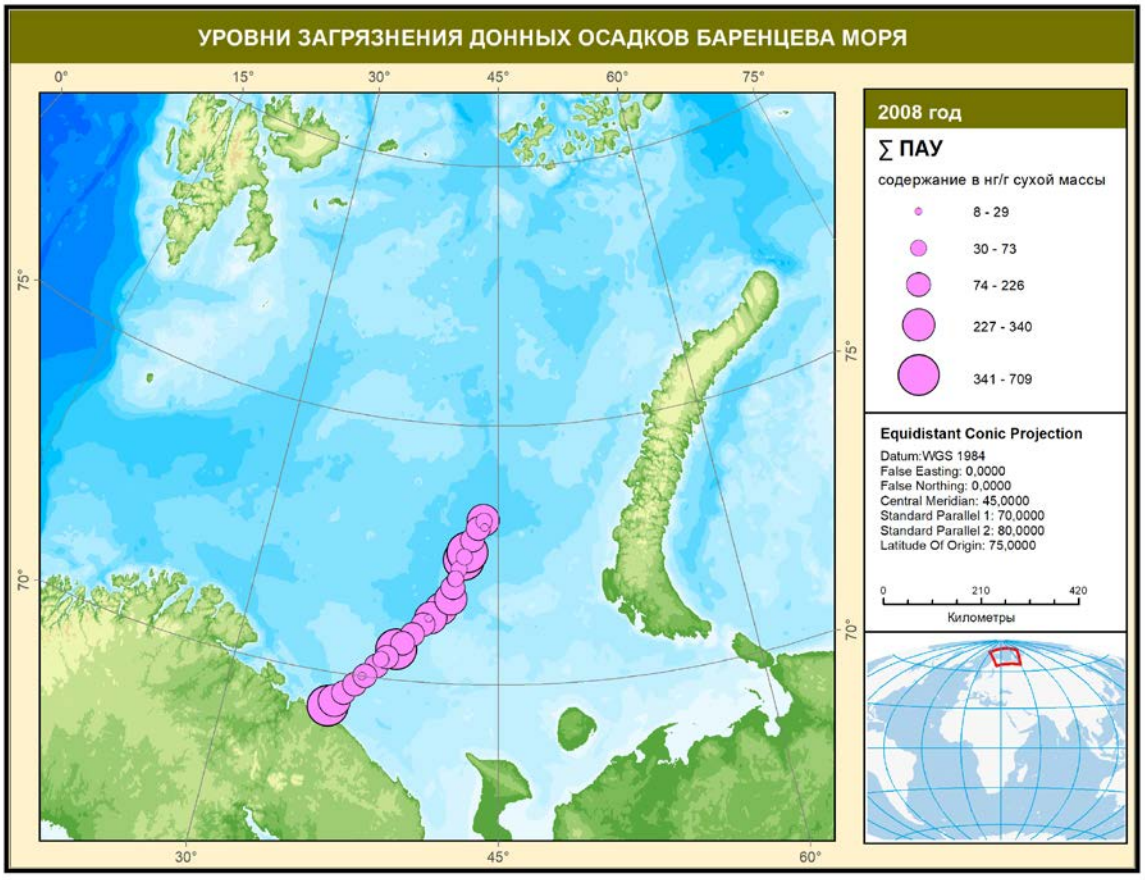

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2003 год
∑ ПАУ
содержание в нг/г сухой массы
19 - 53
54 - 129
130 - 233
234 - 407
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

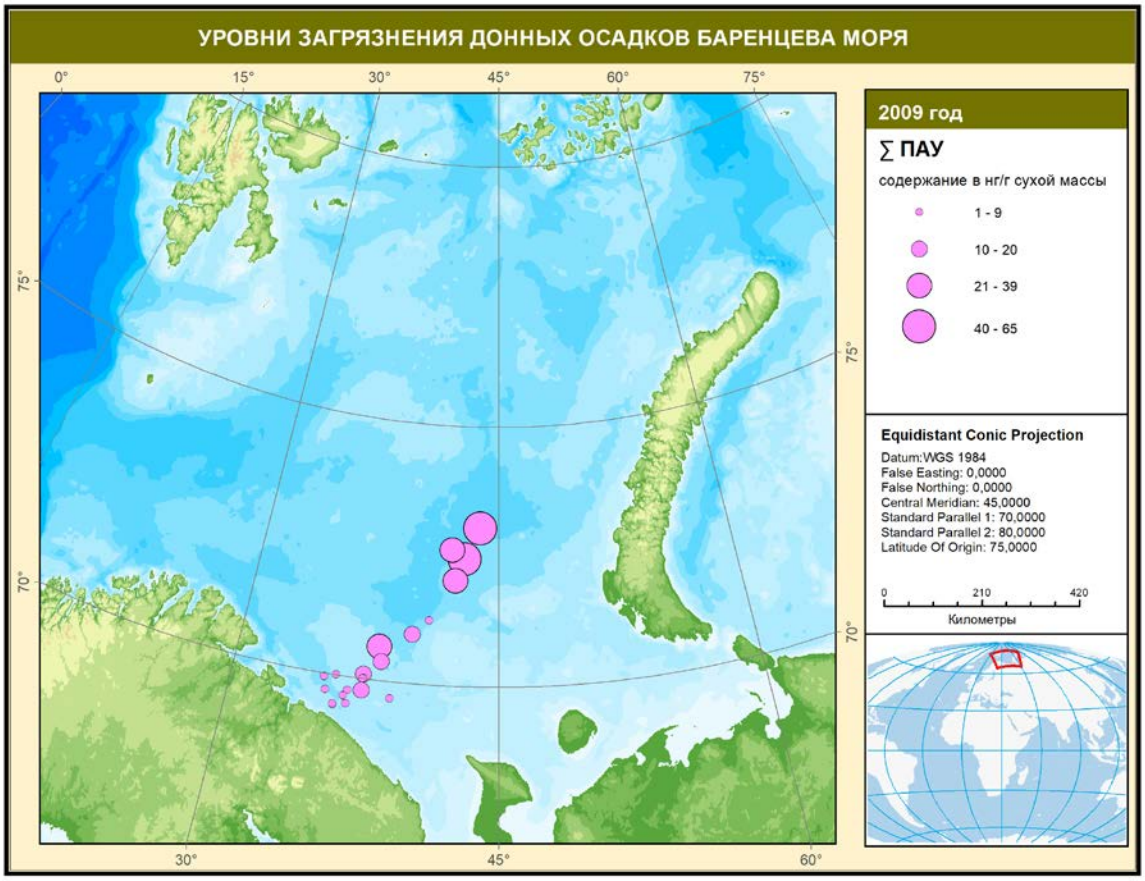

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2004 год
∑ ПАУ
содержание в нг/г сухой массы
2 - 50
51 - 102
103 - 163
164 - 284
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

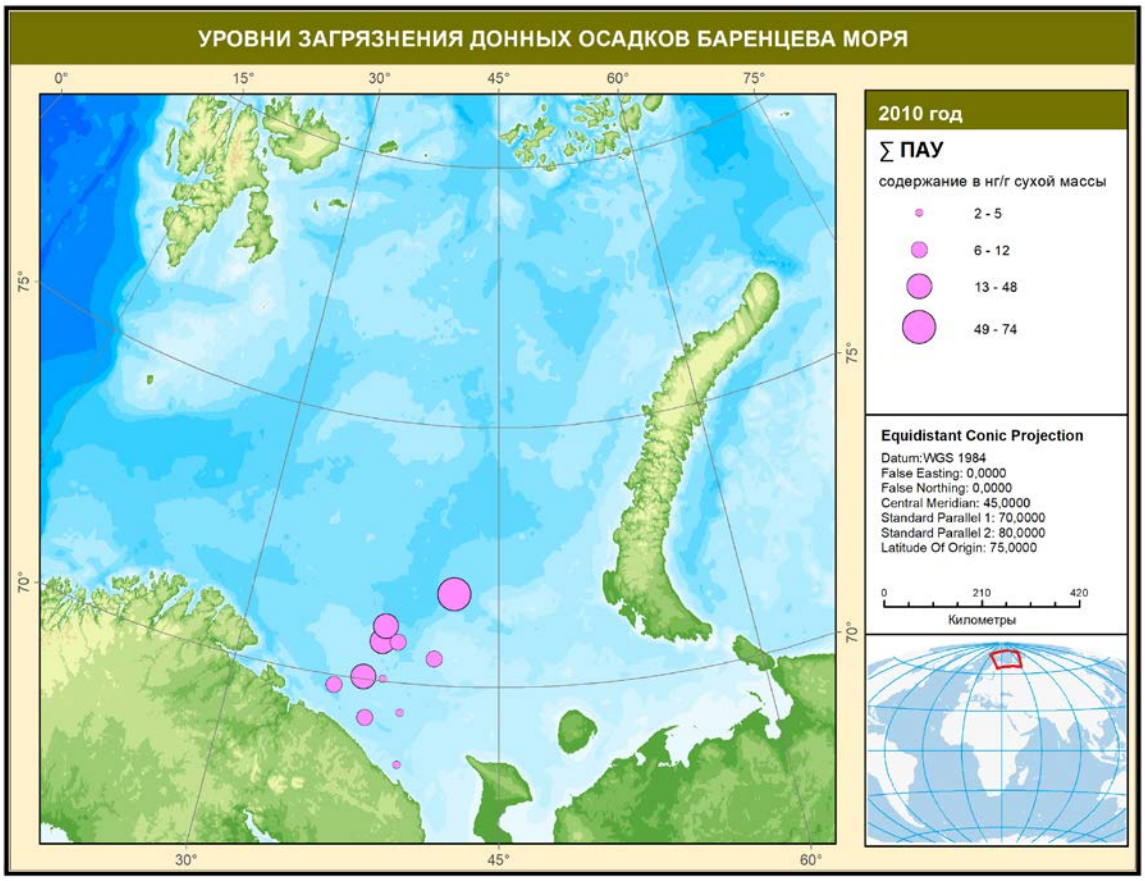

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2005 год
∑ ПАУ
содержание в нг/г сухой массы
117 - 194
195 - 432
433 - 622
623 - 799
800 - 1261
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

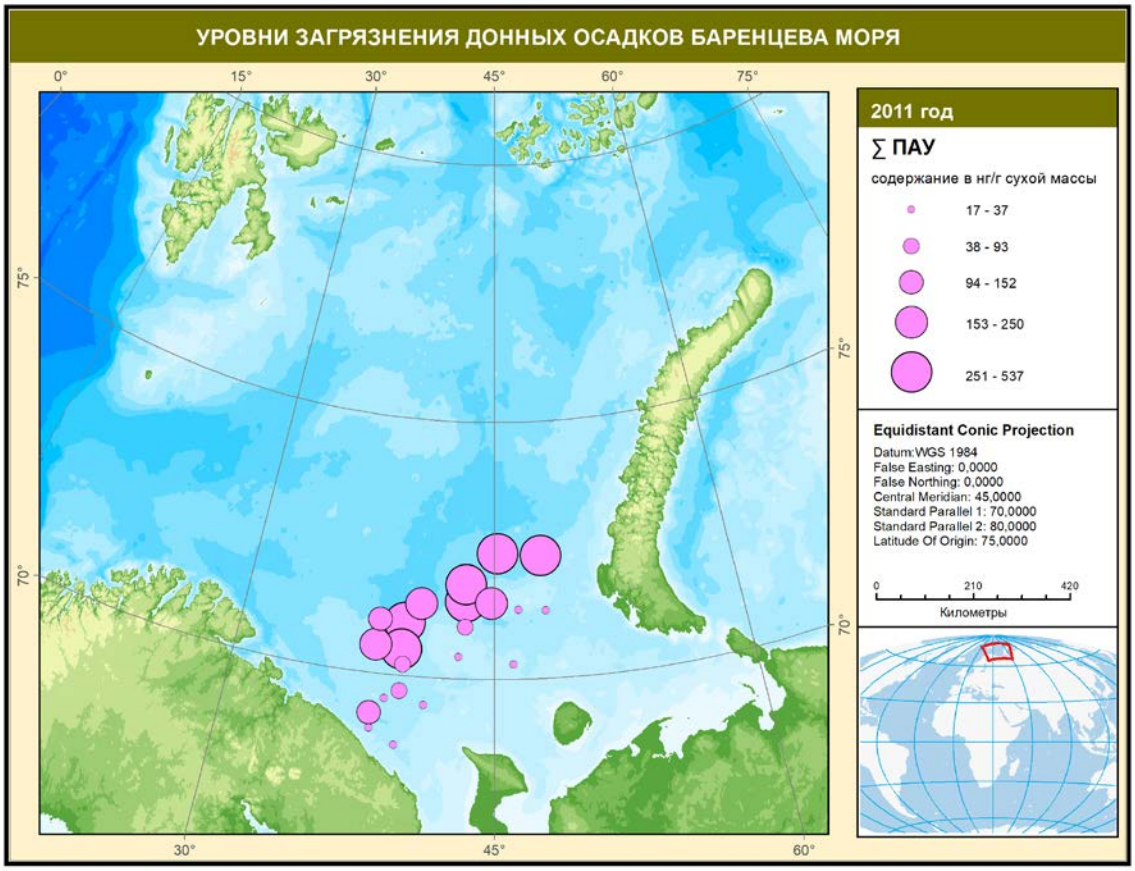

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2006 год
∑ ПАУ
содержание в нг/г сухой массы
3 - 44
45 - 92
93 - 165
166 - 320
321 - 689
690 - 2471
0
210
420
Километры

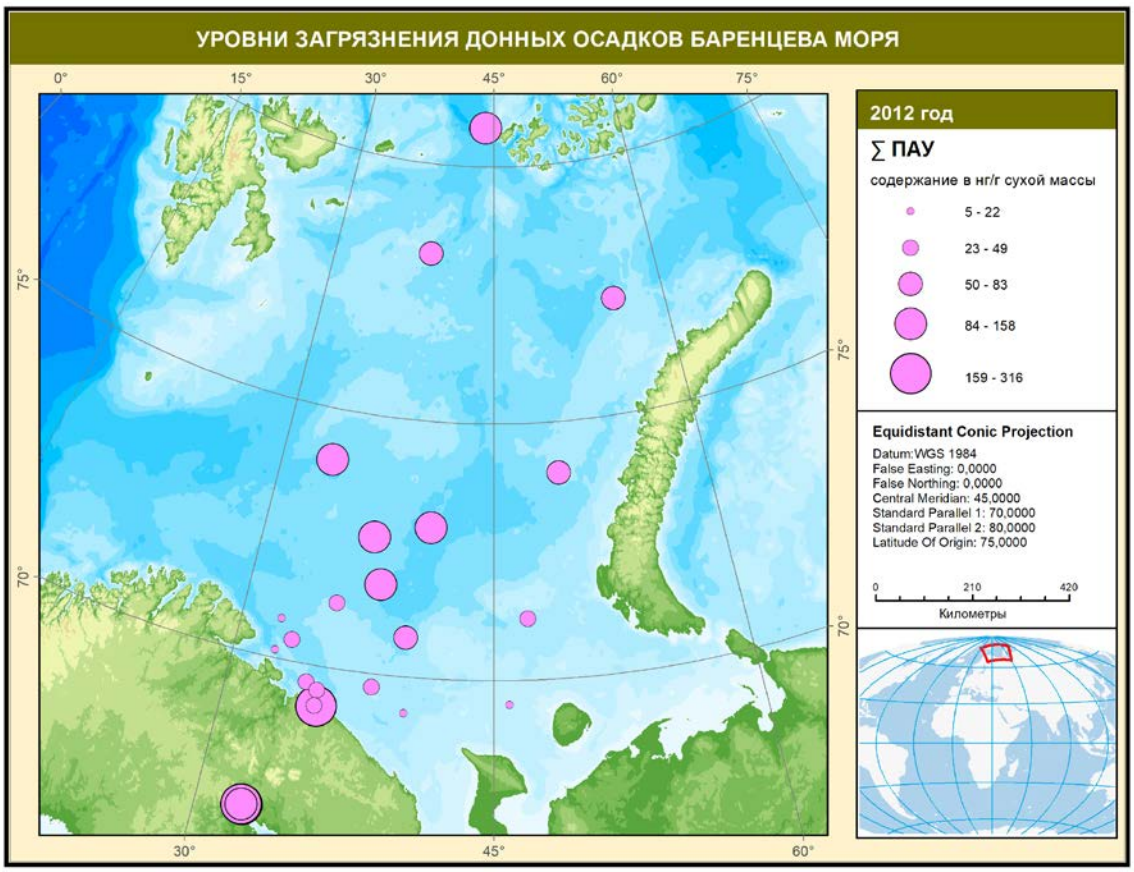

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
п-ов Рыбачий
Мотовский залив
2007 год
∑ ПАУ
содержание в нг/г сухой массы
15 - 19
20 - 38
39 - 58
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

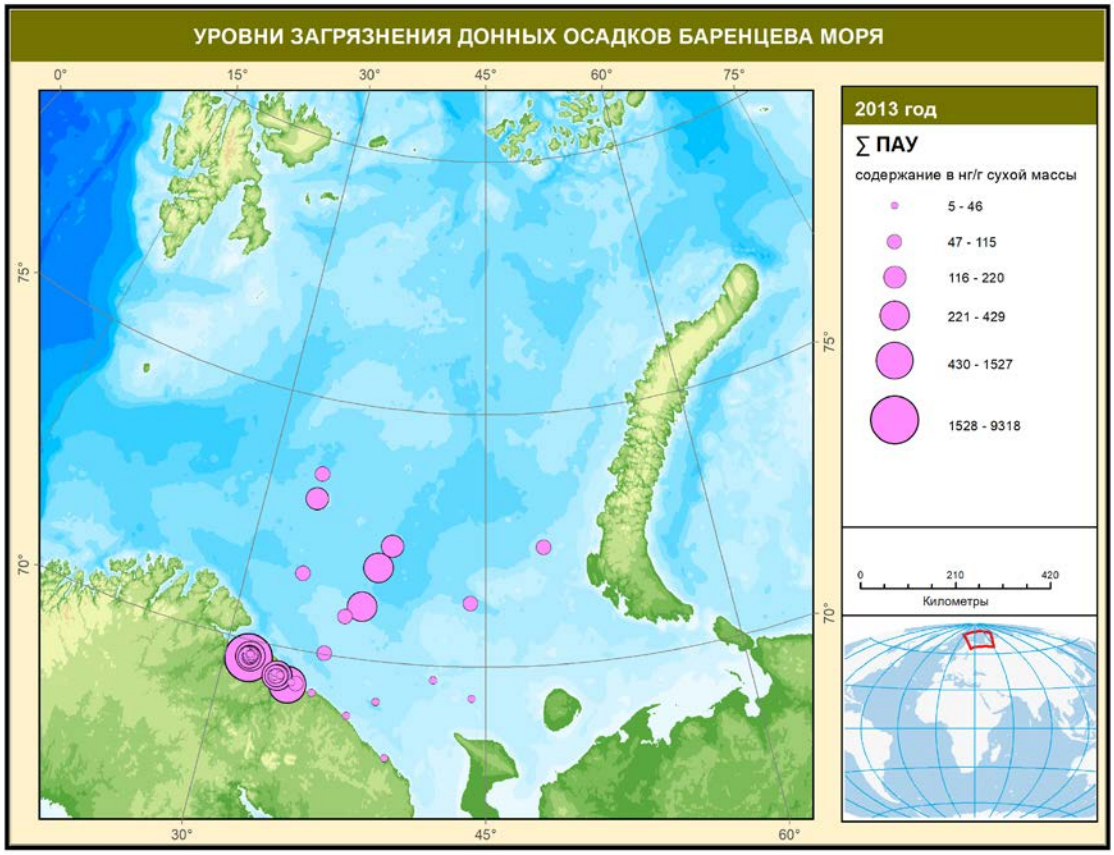

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2008 год
∑ ПАУ
содержание в нг/г сухой массы
8 - 29
30 - 73
74 - 226
227 - 340
341 - 709
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

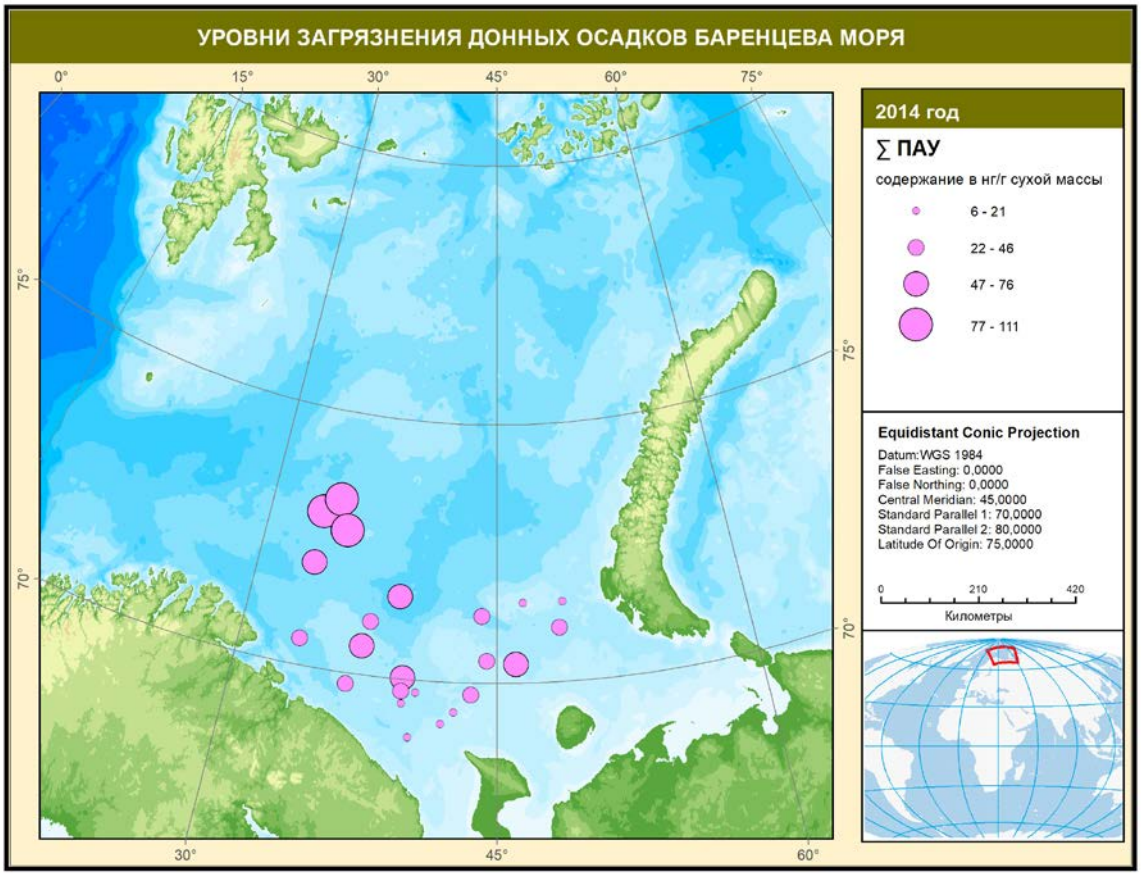

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2009 год
∑ ПАУ
содержание в нг/г сухой массы
1 - 9
10 - 20
21 - 39
40 - 65
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

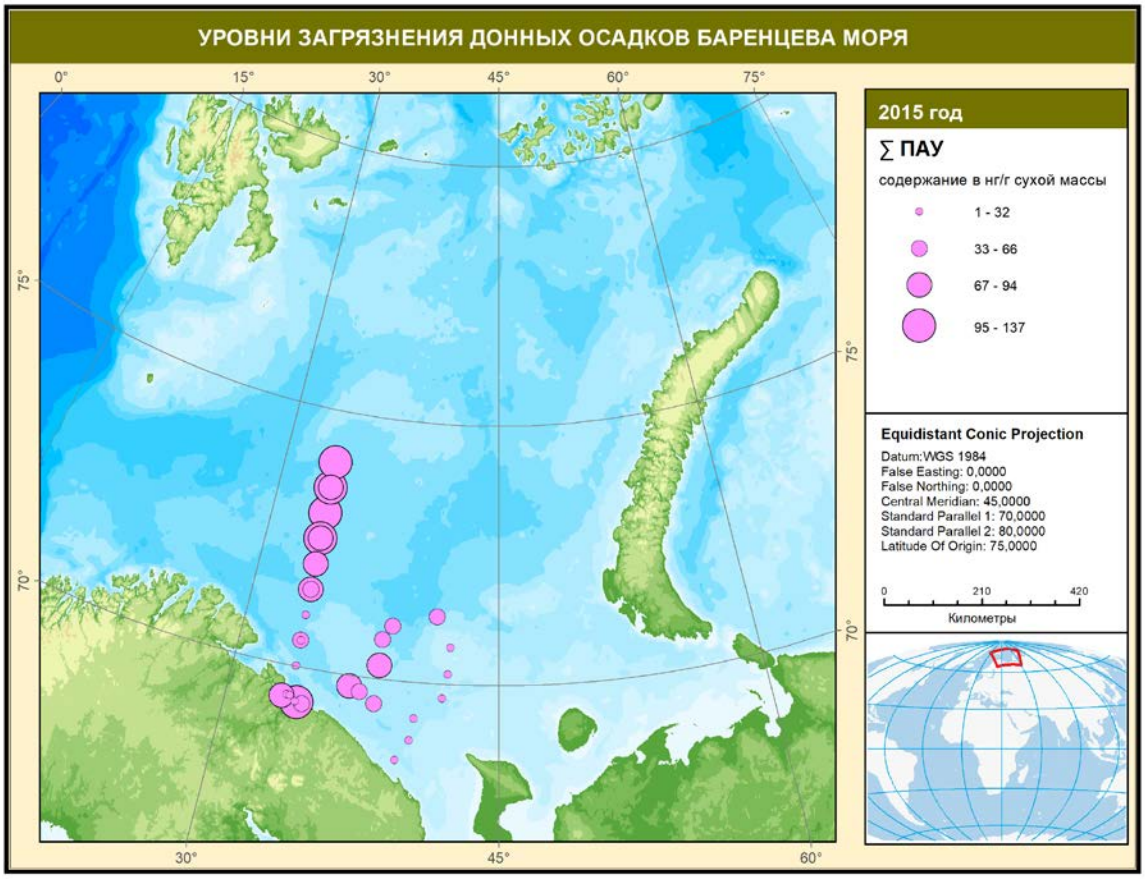

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2010 год
∑ ПАУ
содержание в нг/г сухой массы
2 - 5
6 - 12
13 - 48
49 - 74
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

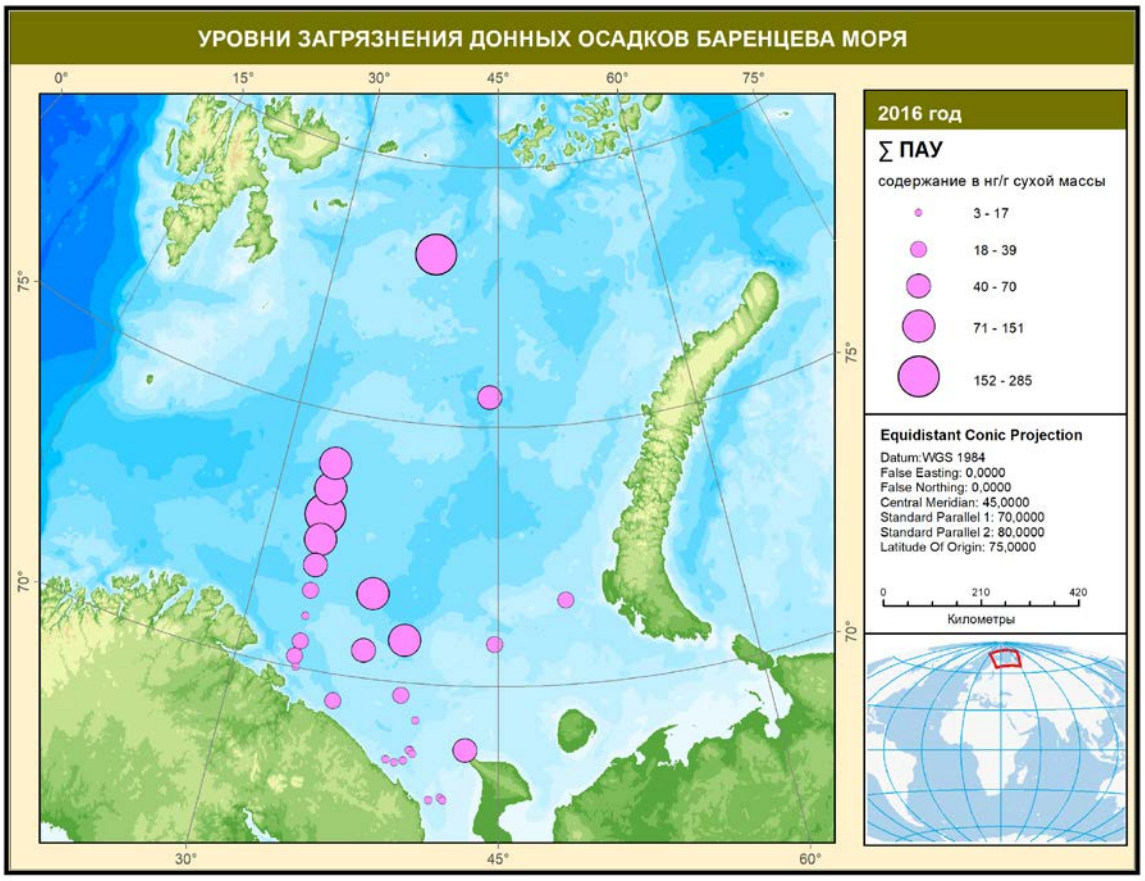

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2011 год
∑ ПАУ
содержание в нг/г сухой массы
17 - 37
38 - 93
94 - 152
153 - 250
251 - 537
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2012 год
∑ ПАУ
содержание в нг/г сухой массы
5 - 22
23 - 49
50 - 83
84 - 158
159 - 316
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2013 год
∑ ПАУ
содержание в нг/г сухой массы
5 - 46
47 - 115
116 - 220
221 - 429
430 - 1527
1528 - 9318
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2014 год
∑ ПАУ
содержание в нг/г сухой массы
6 - 21
22 - 46
47 - 76
77 - 111
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2015 год
∑ ПАУ
содержание в нг/г сухой массы
1 - 32
33 - 66
67 - 94
95 - 137
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2016 год
∑ ПАУ
содержание в нг/г сухой массы
3 - 17
18 - 39
40 - 70
71 - 151
152 - 285
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

Бенз(*а*)пирен

Наиболее известным и распространенным соединением среди ПАУ является бенз(*а*)пирен. Доля бенз(*а*)пирена в различных природных объектах обычно невелика и не превышает 15 % от общего количества ПАУ. Вместе с тем активная циркуляция бенз(*а*)пирена в биосфере, его высокая молекулярная устойчивость к воздействию инактивирующих факторов и выявленная в экспериментах значительная проканцерогенная активность позволяют считать бенз(*а*)пирен индикаторным соединением, по содержанию которого оценивается степень загрязнения среды канцерогенными ПАУ (Ровинский, Теплицкая, Алексеева, 1988; Израэль, Цыбань, 2009; Ильницкий, Белицкий, Шабад, 1975). С 1977 г. это положение получило международное признание.

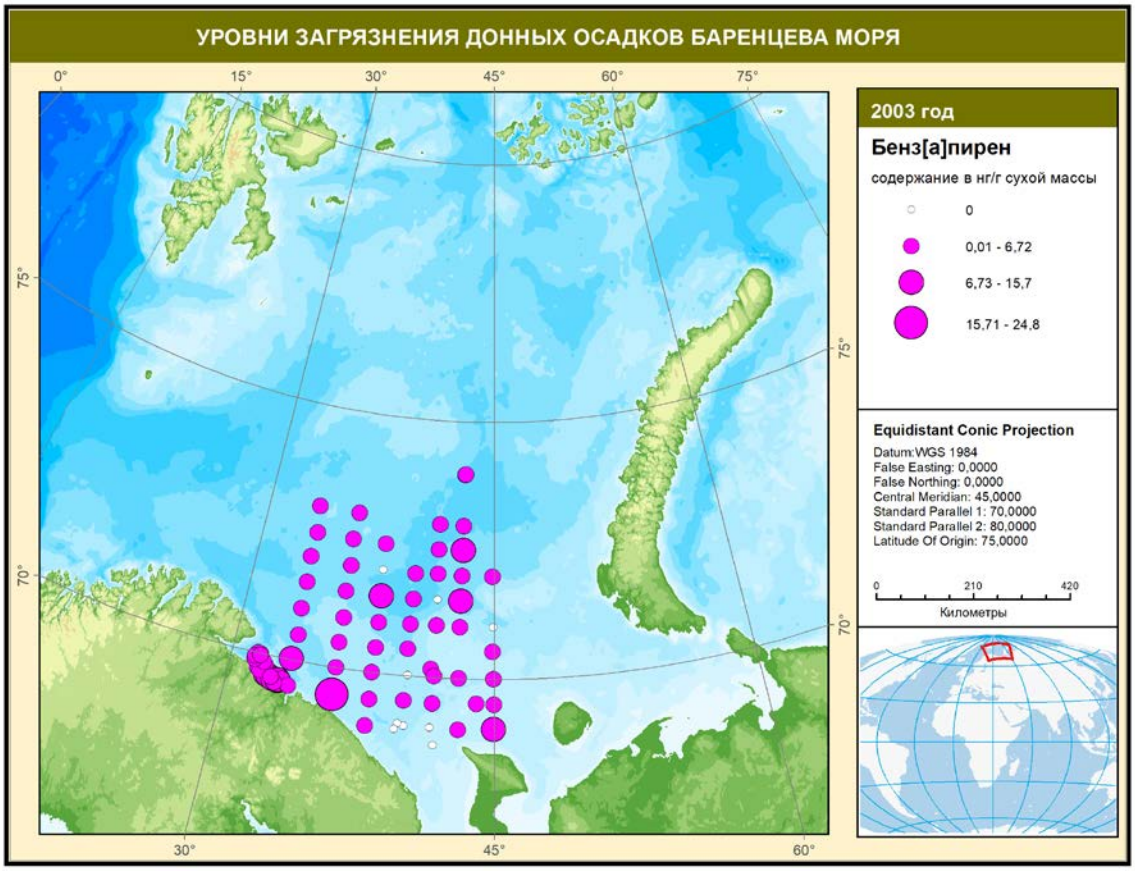
Биотические и абиотические природные процессы способствуют формированию современного биогенного фона бенз(*а*)пирена и ПАУ в целом. Их присутствие прослеживается даже во льдах Антарктиды (Becker, Glavin, Bada, 1997), а также в слоях вечной мерзлоты 10000-летнего возраста (Диагностический анализ состояния…, 2011).

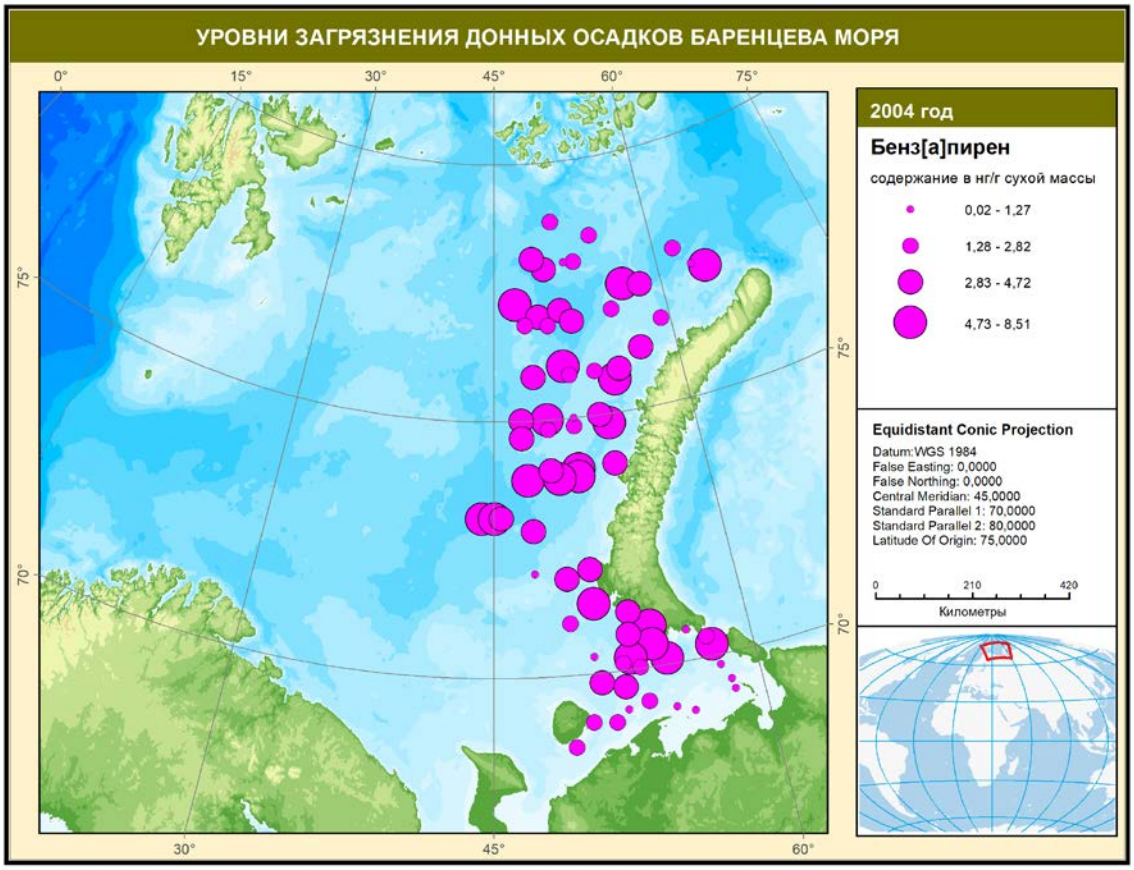
Среди индивидуальных ПАУ в России установлена ПДК бенз(*а*)пирена только для хозяйственно-питьевых вод – 5 нг/л. Сам по себе бенз(*а*)пирен канцерогенными свойствами не обладает, однако в процессе его метаболизма в качестве промежуточных продуктов распада образуются соединения – дигидродиолы, которые обладают значительной канцерогенной активностью (Пташне, 1989; Abel, 1996).

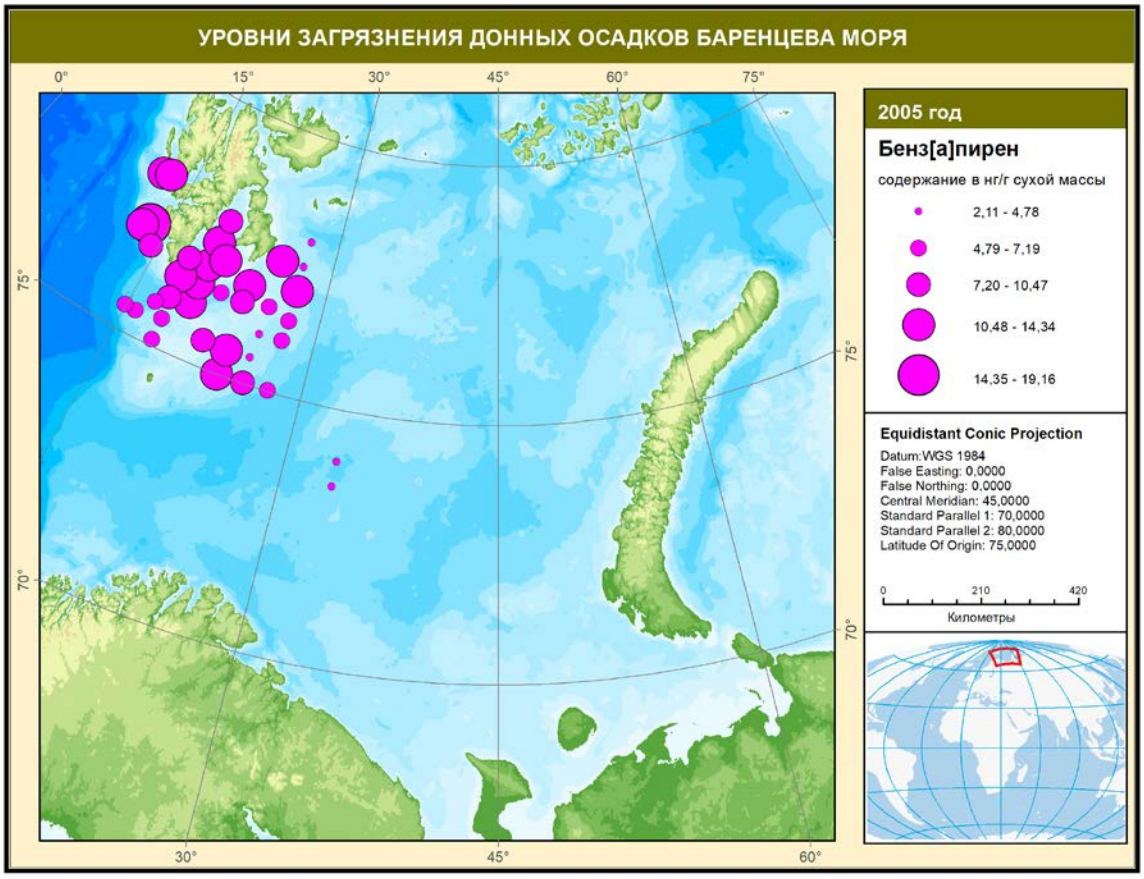
Повышенное содержание бенз(*а*)пирена, наблюдаемое в настоящее время в Мировом океане, обусловлено в основном источниками антропогенного происхождения: континентальные стоки, содержащие бытовые, промышленные сбросы и смывы с загрязненных территорий, транспортное и индустриальное освоение акваторий, а также процессы дальнего атмосферного переноса (Израэль, Цыбань, 2009).

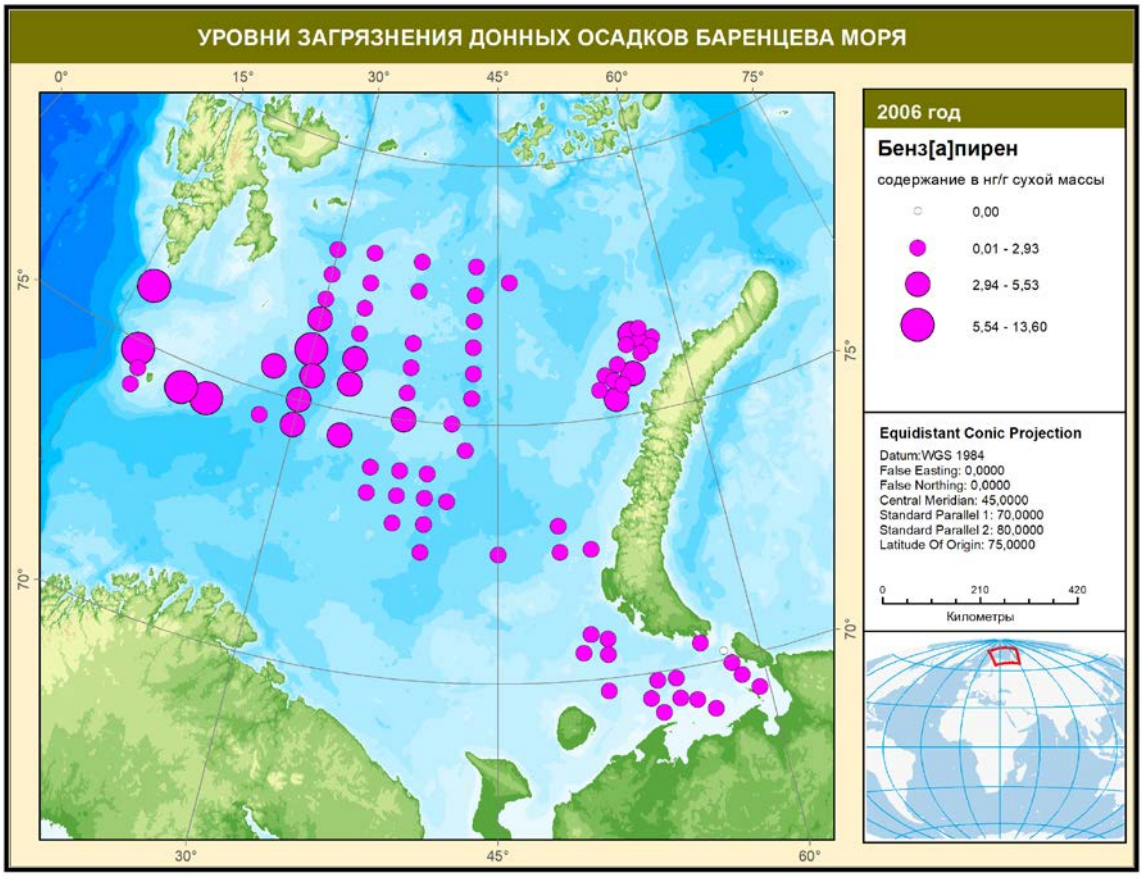
Известно, что среднее содержание бенз(*а*)пирена в донных отложениях Белого моря составляет 2,2 нг/г сухой массы осадка (Немировская, 2009), по другим данным, содержание этого поллютанта в Белом море варьирует от 0,5 до 15 нг/г сухой массы (Ильин, Матишов, Касаткина, 2011). В осадках Карского моря содержание бенз(*а*)пирена изменяется от 0 до 2,4 нг/г (Ильин, 2009), в отложениях моря Лаптевых – от 0 до 2,4 нг/г сухой массы осадка (в устьевых районах) (Диагностический анализ состояния…, 2011).

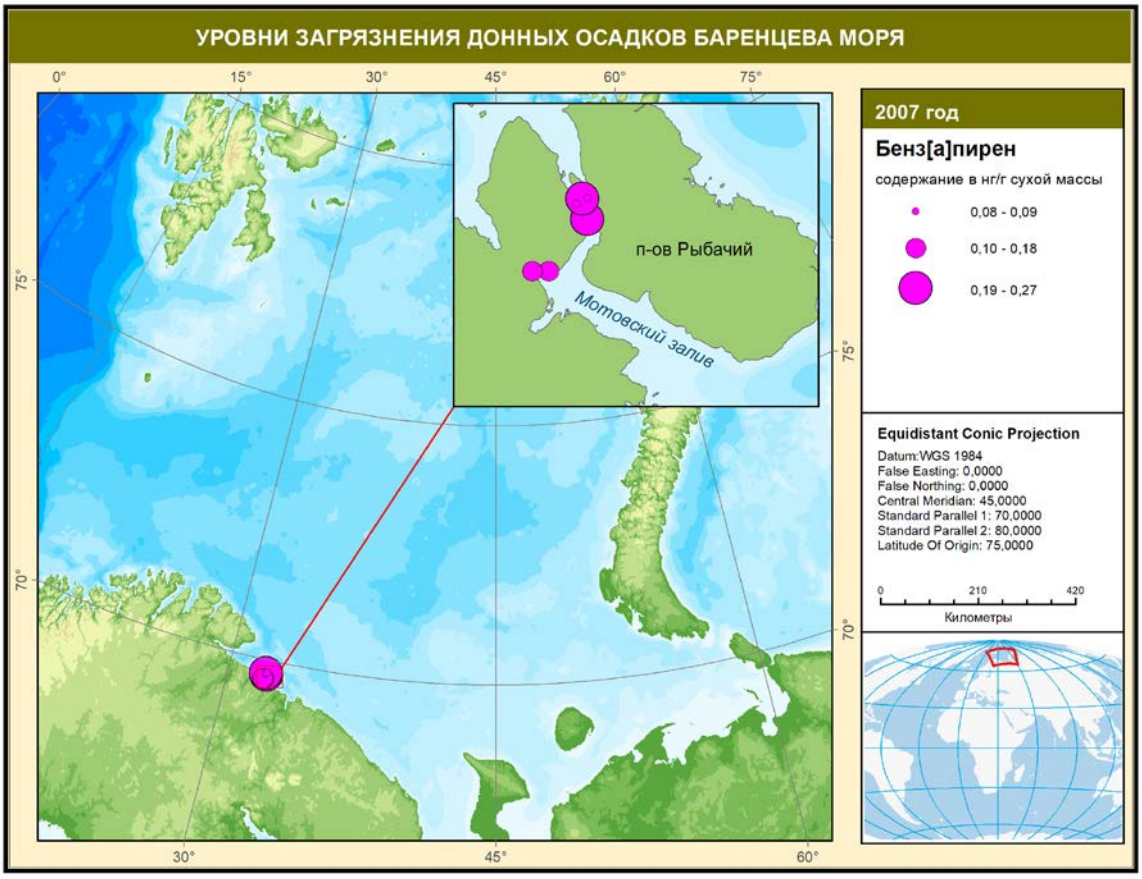
Ниже приводятся карты содержания бенз(*а*)пирена в 2003-2016 гг.

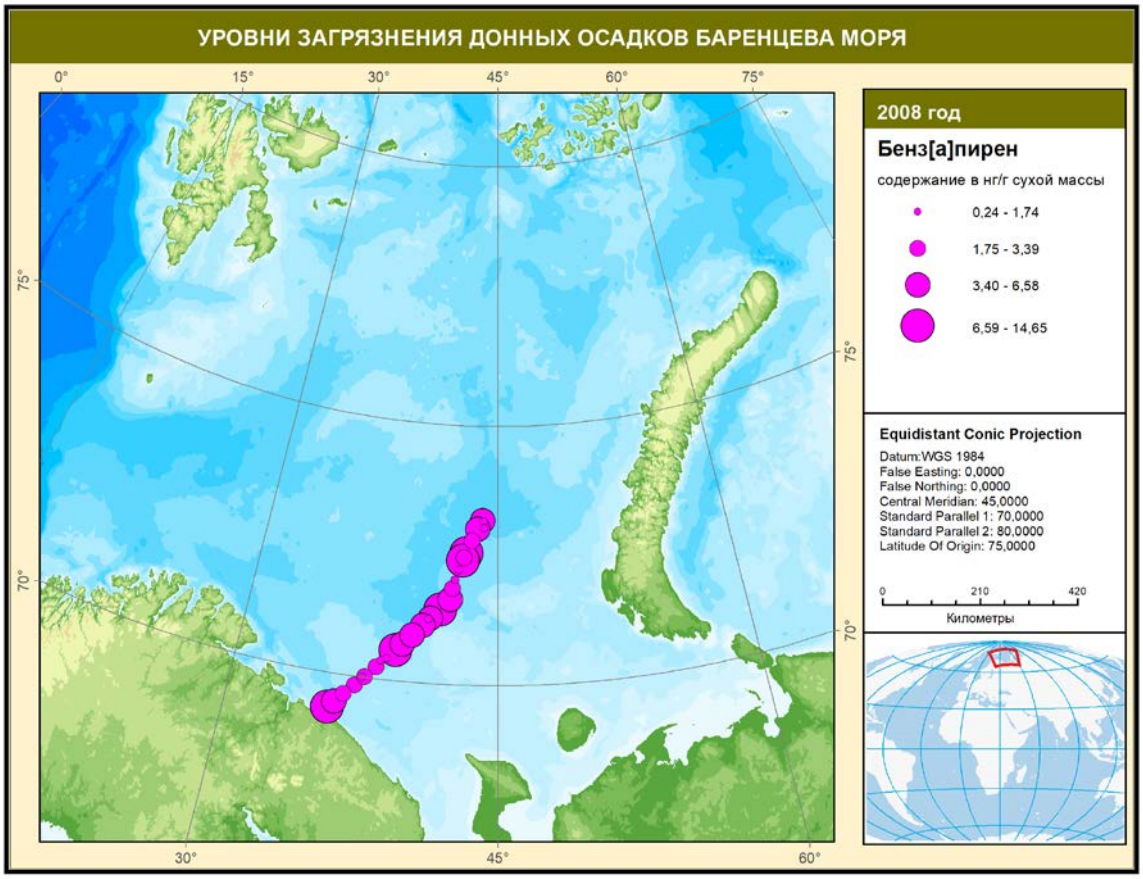

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2003 год
Бенз[а]пирен
содержание в нг/г сухой массы
0
0,01 - 6,72
6,73 - 15,7
15,71 - 24,8
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

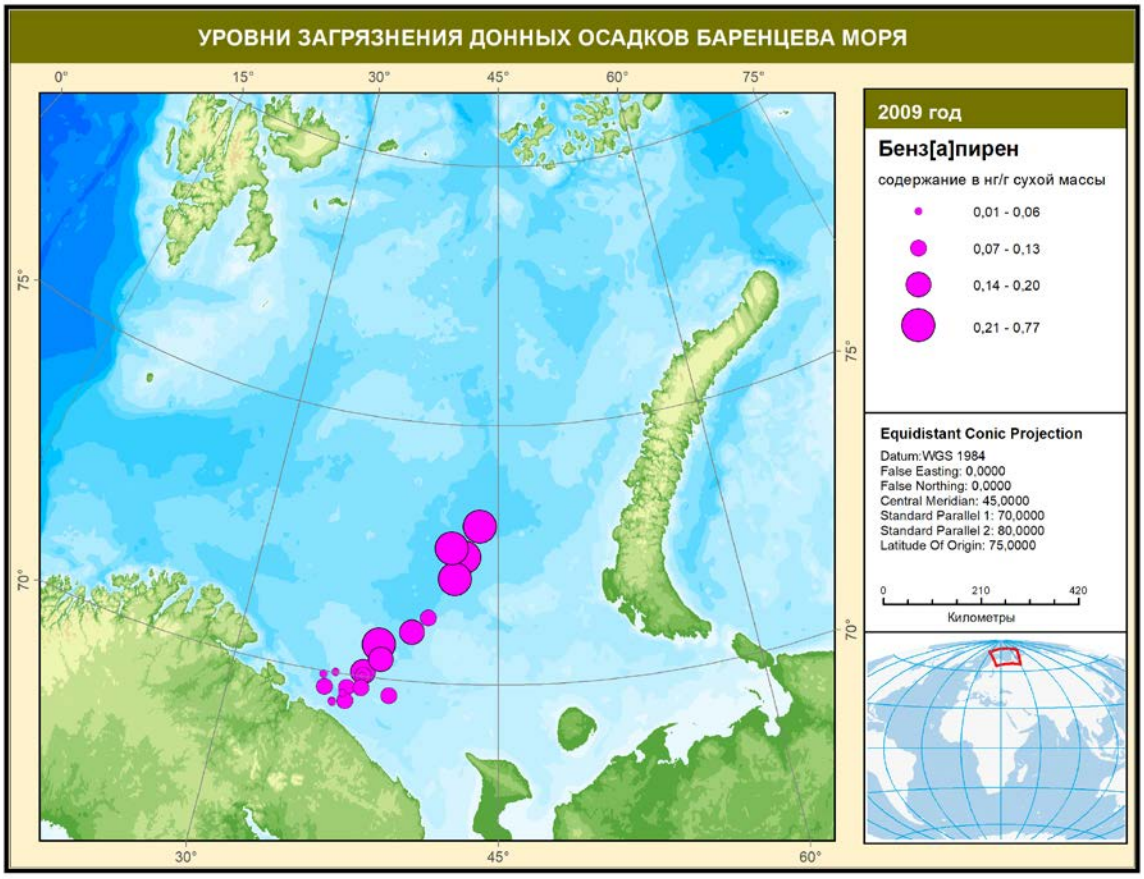

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2004 год
Бенз[а]пирен
содержание в нг/г сухой массы
0,02 - 1,27
1,28 - 2,82
2,83 - 4,72
4,73 - 8,51
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

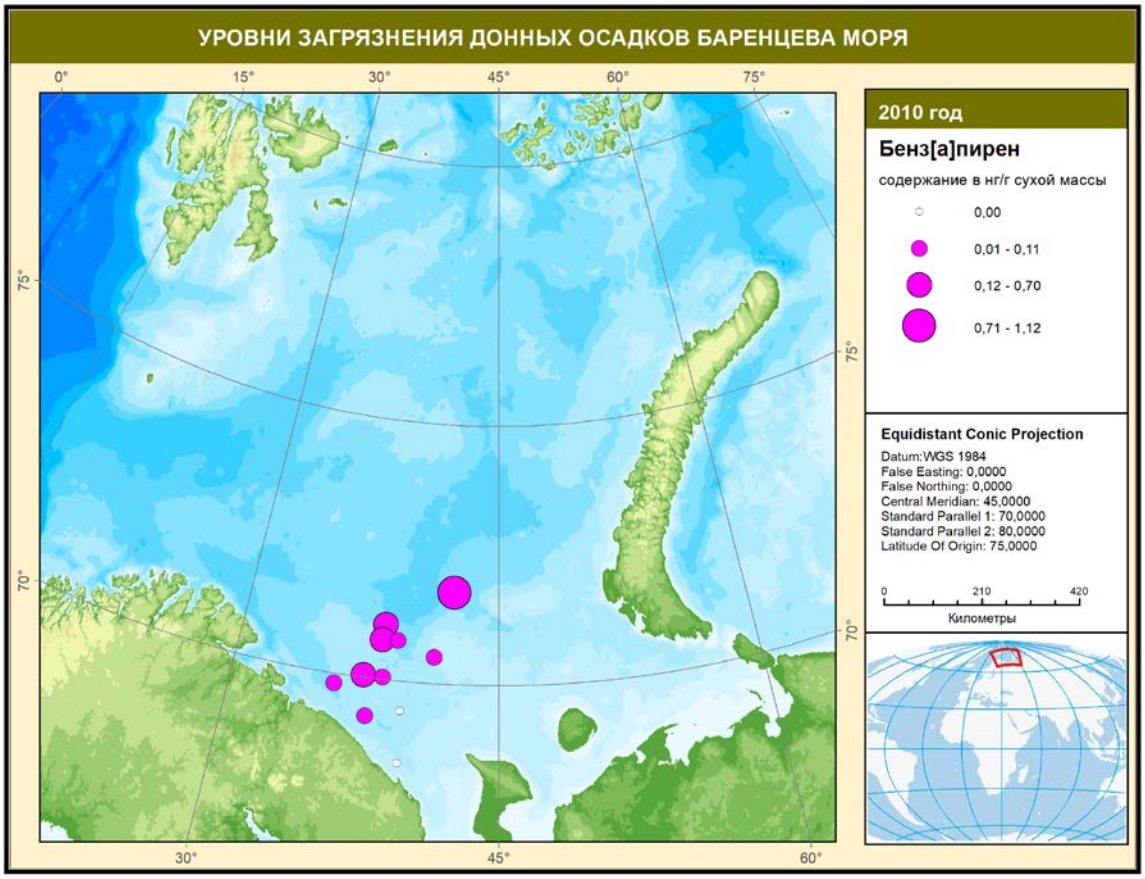

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2005 год
Бенз[а]пирен
содержание в нг/г сухой массы
2,11 - 4,78
4,79 - 7,19
7,20 - 10,47
10,48 - 14,34
14,35 - 19,16
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

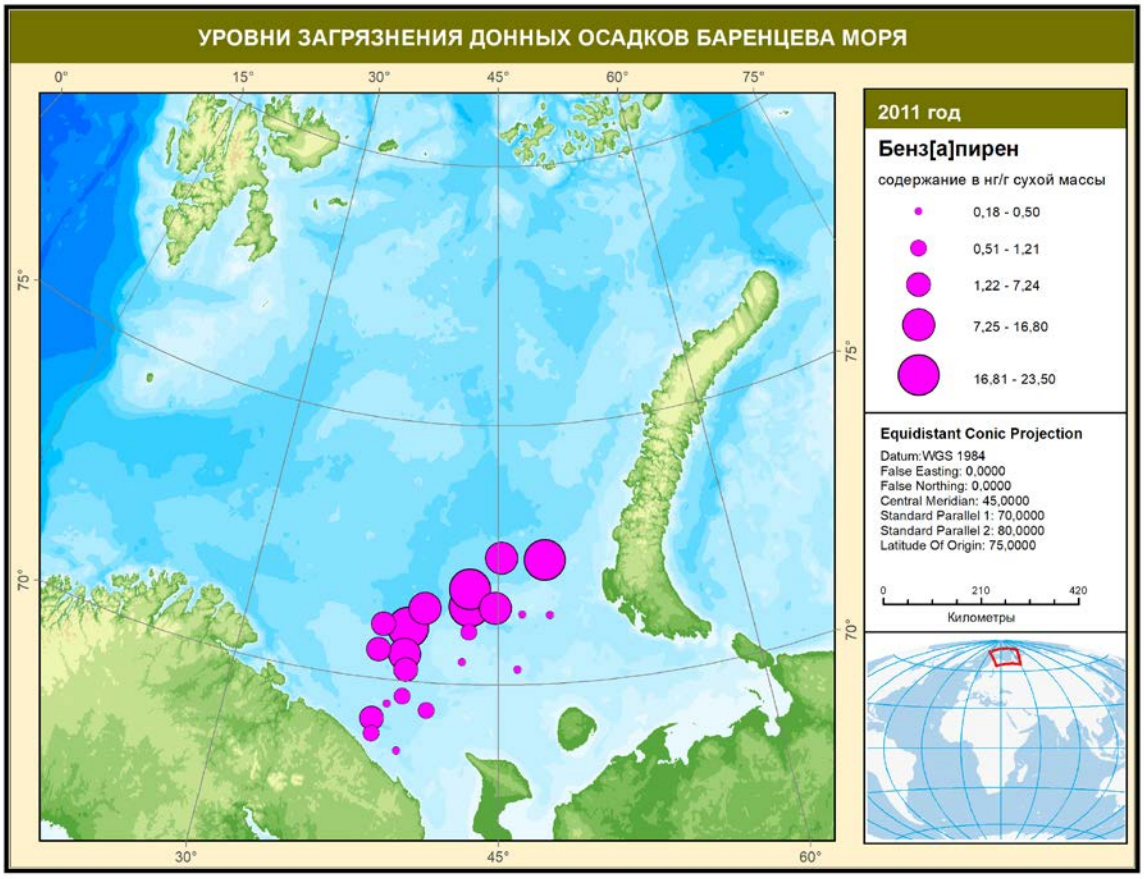

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2006 год
Бенз[а]пирен
содержание в нг/г сухой массы
0,00
0,01 - 2,93
2,94 - 5,53
5,54 - 13,60
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

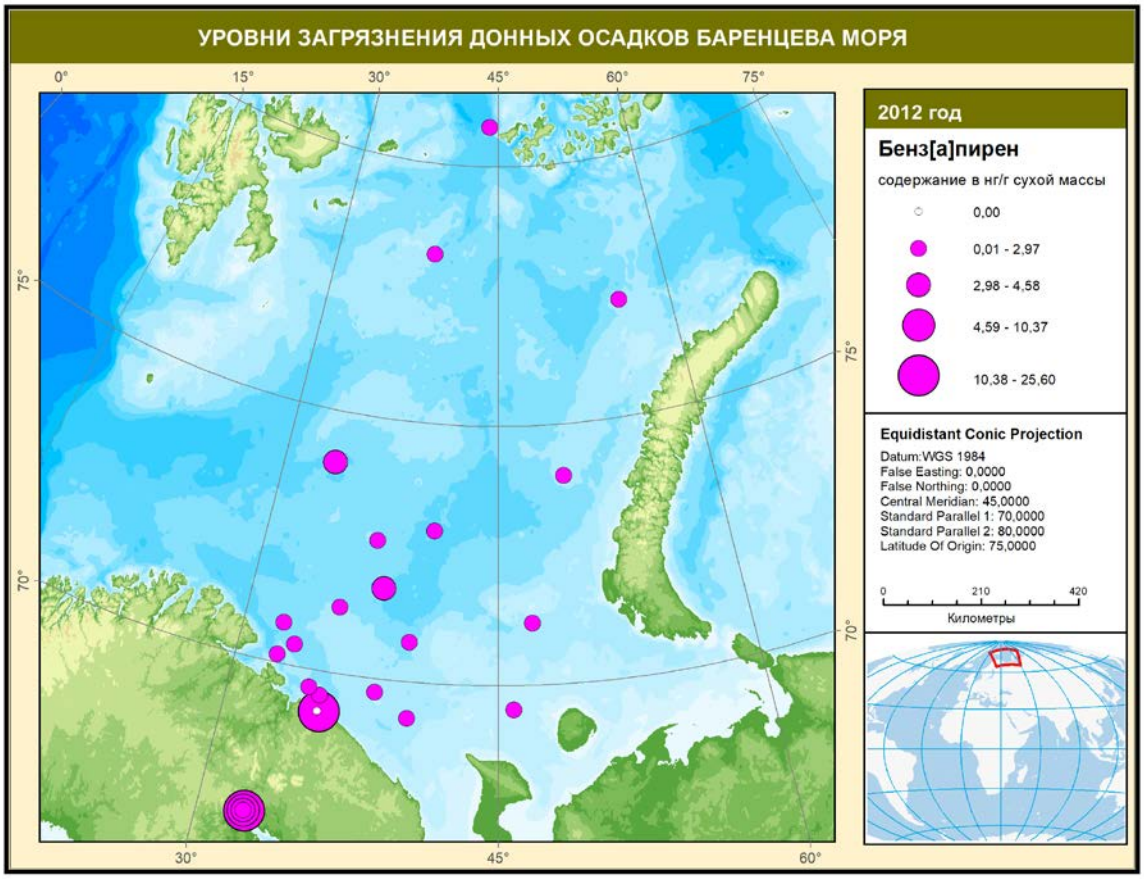

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
п-ов Рыбачий
Мотовский залив
2007 год
Бенз[а]пирен
содержание в нг/г сухой массы
0,08 - 0,09
0,10 - 0,18
0,19 - 0,27
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

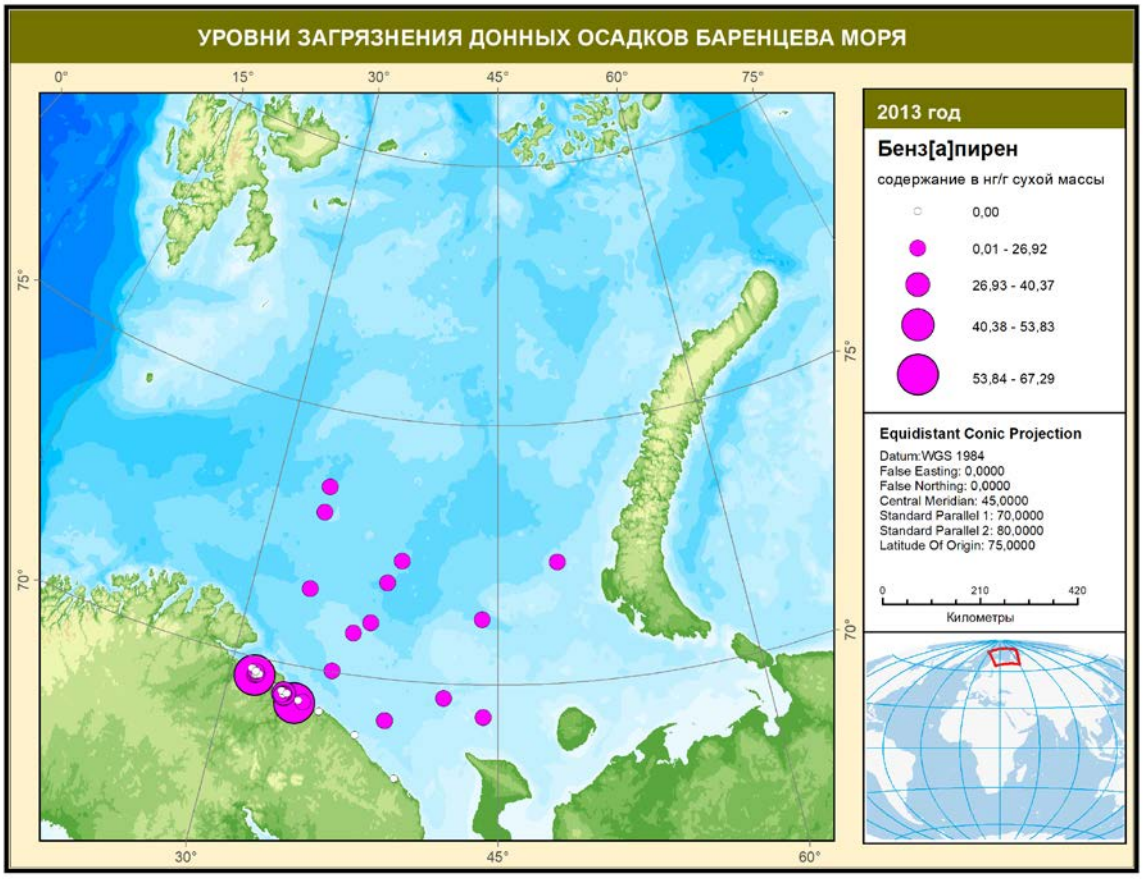

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2008 год
Бенз[а]пирен
содержание в нг/г сухой массы
0,24 - 1,74
1,75 - 3,39
3,40 - 6,58
6,59 - 14,65
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

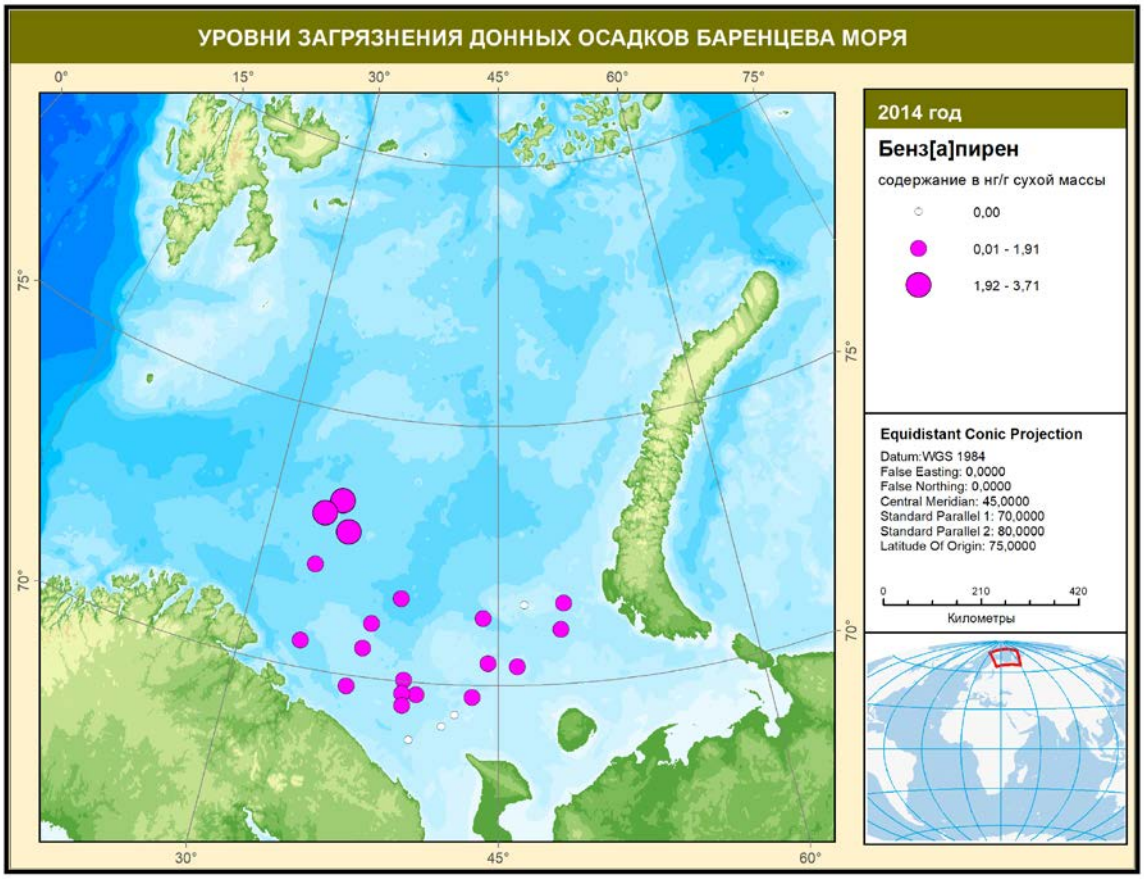

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2009 год
Бенз[а]пирен
содержание в нг/г сухой массы
0,01 - 0,06
0,07 - 0,13
0,14 - 0,20
0,21 - 0,77
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

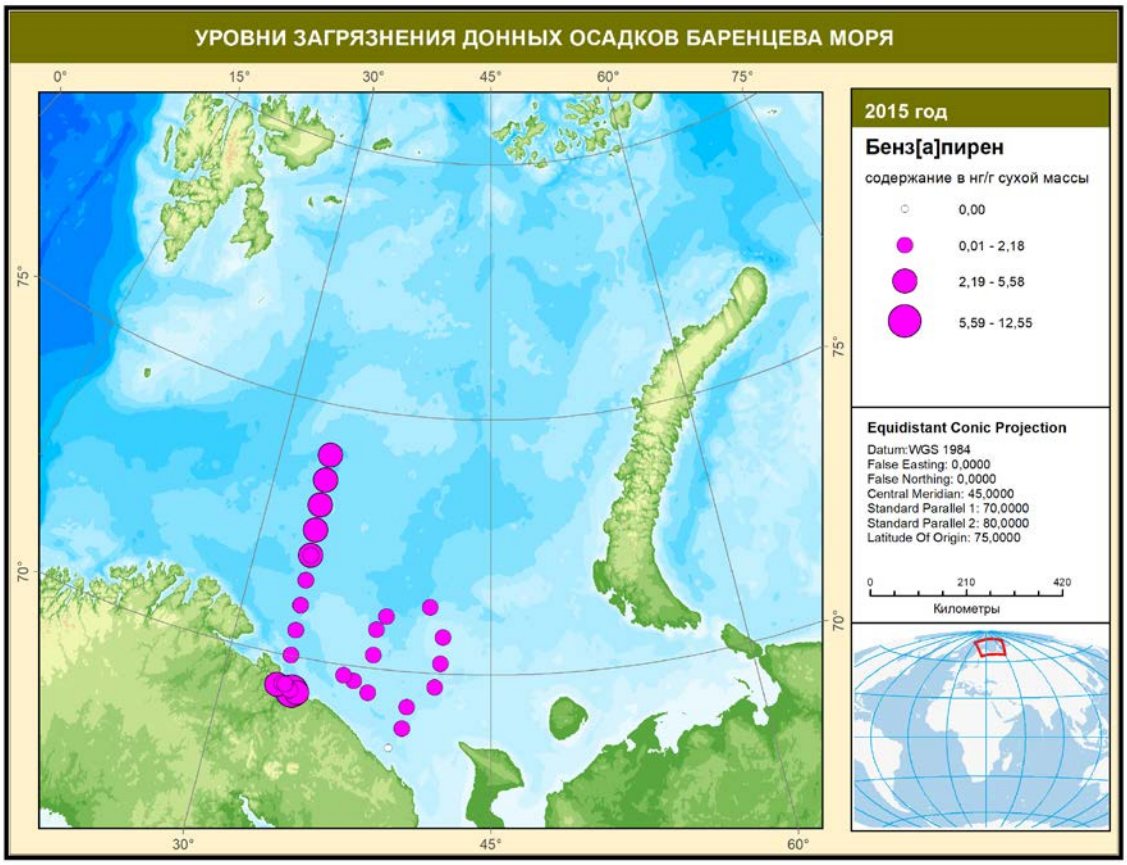

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2010 год
Бенз[а]пирен
содержание в нг/г сухой массы
0,00
0,01 - 0,11
0,12 - 0,70
0,71 - 1,12
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

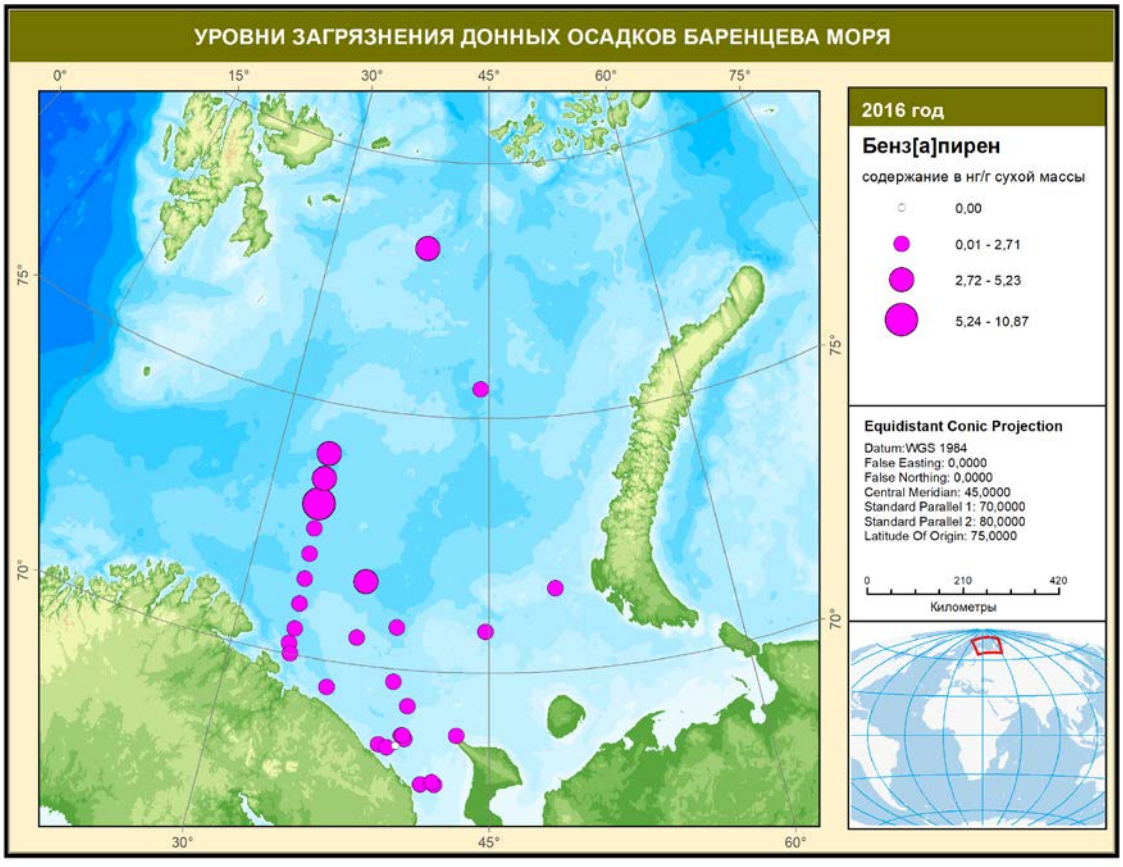

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2011 год
Бенз[а]пирен
содержание в нг/г сухой массы
0,18 - 0,50
0,51 - 1,21
1,22 - 7,24
7,25 - 16,80
16,81 - 23,50
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2012 год
Бенз[а]пирен
содержание в нг/г сухой массы
0,00
0,01 - 2,97
2,98 - 4,58
4,59 - 10,37
10,38 - 25,60
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2013 год
Бенз[а]пирен
содержание в нг/г сухой массы
0,00
0,01 - 26,92
26,93 - 40,37
40,38 - 53,83
53,84 - 67,29
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2014 год
Бенз[а]пирен
содержание в нг/г сухой массы
0,00
0,01 - 1,91
1,92 - 3,71
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2015 год
Бенз[а]пирен
содержание в нг/г сухой массы
0,00
0,01 - 2,18
2,19 - 5,58
5,59 - 12,55
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2016 год
Бенз[а]пирен
содержание в нг/г сухой массы
0,00
0,01 - 2,71
2,72 - 5,23
5,24 - 10,87
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

н-парафины

Количество нефтяных углеводородов, попадающих непосредственно в океан, мало по сравнению с тем количеством, которое выбрасывается в атмосферу в результате испарения и неполного сгорания топлива. Большая часть этих углеводородов вступает в фотохимические реакции и превращается в другие вещества, однако оставшаяся часть существует в виде жидких капель или адсорбируется на маленьких атмосферных частицах. Жидкие и твердые частицы неизбежно выпадают из атмосферы и оседают на поверхности океана, внося значительный вклад в общее загрязнение углеводородами (Химия окружающей среды, 1982).

По ориентировочной оценке, в органическом веществе аэрозолей в атмосфере арктических морей России содержится около 20 % *н*-парафинов, или алифатических углеводородов (АУ), а их поток на поверхность этих морей составляет 77 тыс. т/год (Романкевич, Ветров, 2001; Немировская, 2004). Этот же источник формирует в значительной мере фоновые уровни пирогенных ПАУ в открытых акваториях и ледовом покрове всех арктических морей.

Для малозагрязненных районов морей характерны концентрации алифатических углеводородов порядка 5-25 мкг/л. В результате жизнедеятельности ряда морских организмов в морской воде могут накапливаться алифатические углеводороды биогенного происхождения, поэтому в слабозагрязненных районах концентрация нефтяных углеводородов оказывается меньшей или соизмеримой с концентрацией продуктов жизнедеятельности морских организмов, образующих естественный «углеводородный фон» морской воды (О дифференциации углеводородов..., 1981). Основная доля нефтяных загрязнений приходится на транспортировку нефти. Обычные танкерные операции сопровождаются большой потерей нефти. К таким операциям относятся загрузка балласта, очистка танков (освобождение от балласта), погрузка и разгрузка. Около половины потерь нефти при транспортировке приходится на загрузку балласта и очистку танков. После разгрузки пустые танки танкера заполняют морской водой, которая служит стабилизирующим балластом на обратном пути. Морская вода образует эмульсию с нефтепродуктами, оставшимися в танках. Содержащий нефтепродукты балласт сливается в море на небольшом расстоянии от порта назначения. Вклад несчастных случаев при столкновении танкеров или посадки на мель не превышает 15 % от объема загрязнений Мирового океана при транспортировке нефти. Реки и городские стоки дают почти такой же вклад в загрязнения, как и транспортировка (Химия окружающей среды, 1982).

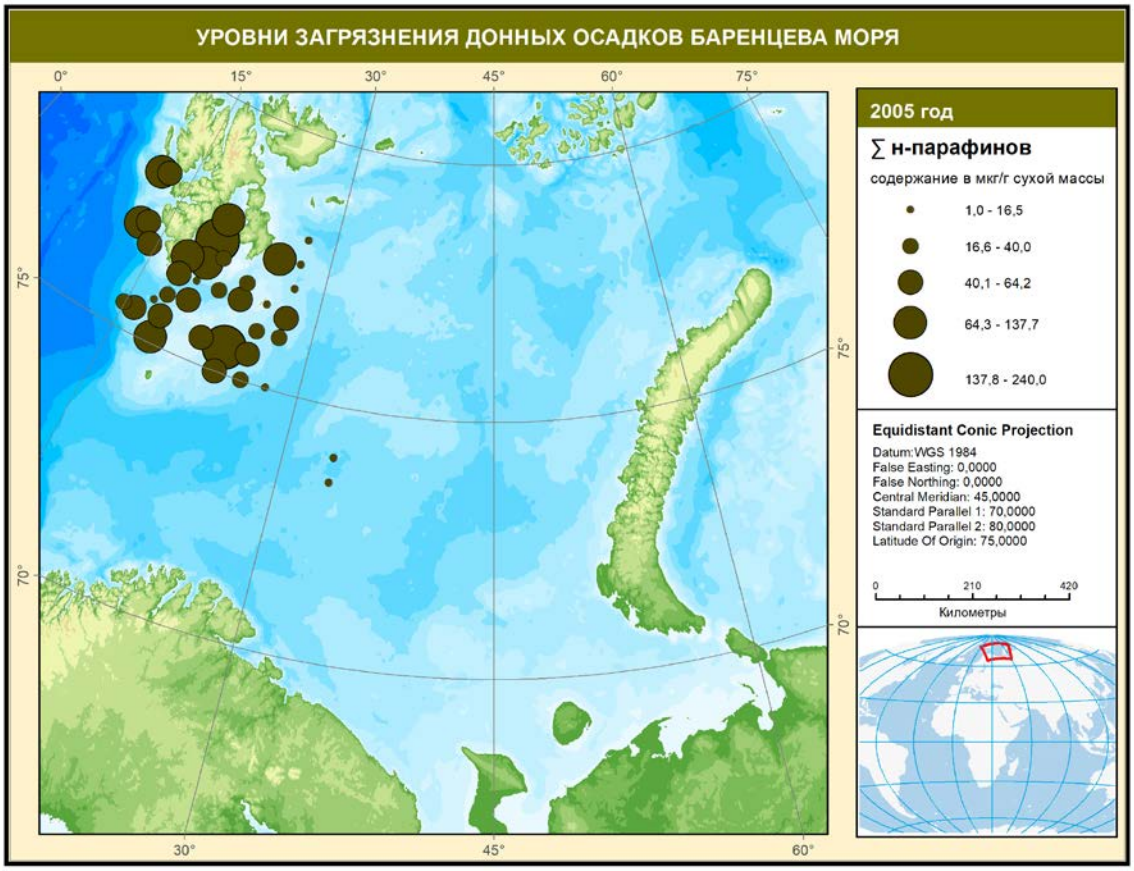
Известно, что содержание АУ в донных отложениях Белого моря варьирует в пределах от 20,8 до 116, 6 мкг/г сухой массы осадка (Немировская, 2009), в отложениях Карского моря содержание нефтепродуктов изменяется от 6,7-7,8 мкг/г в южной части до 800 мкг/г сухой массы на его северо-западной периферии (Ильин, 2009).

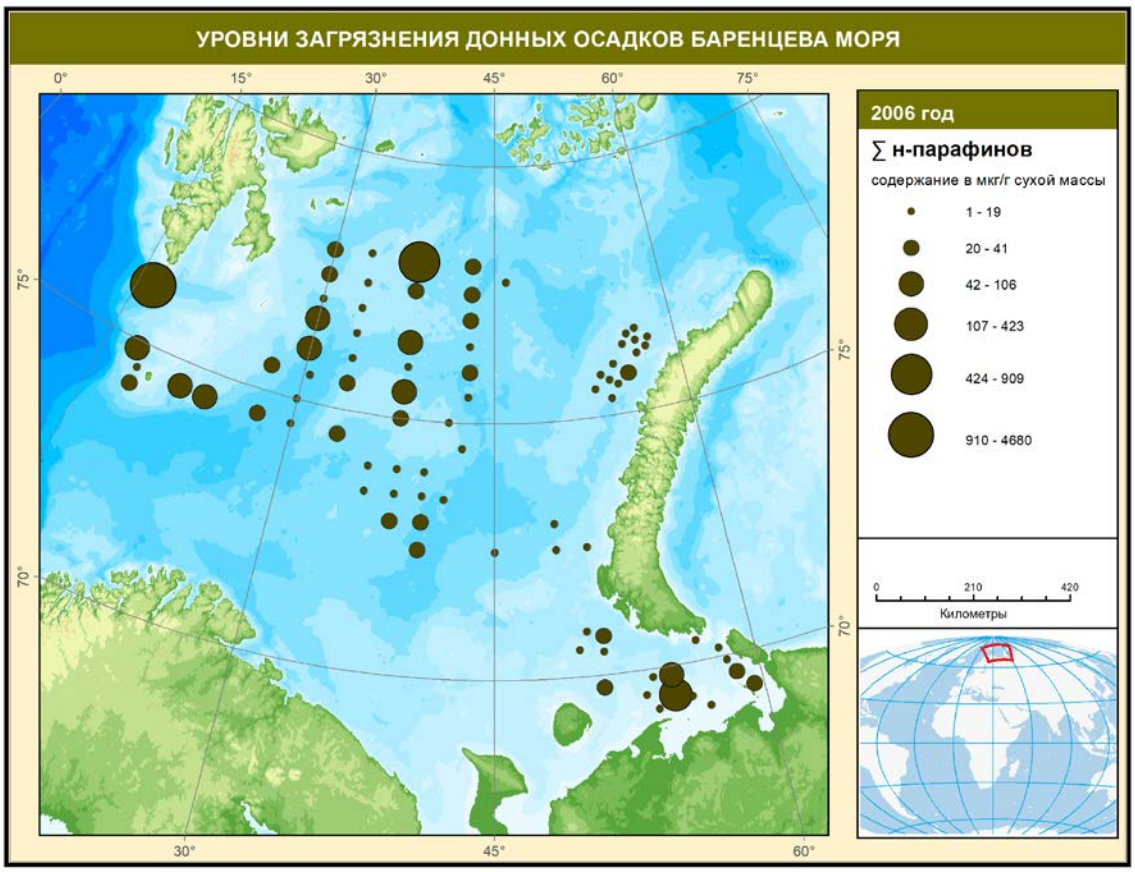
За содержание АУ (*н*-парафинов) в донных отложениях Баренцева моря, отображенное на картах атласа, принимали сумму содержаний индивидуальных соединений от 10 до 31 атомов углерода включительно ($\sum C_{10}$-C_{31}).

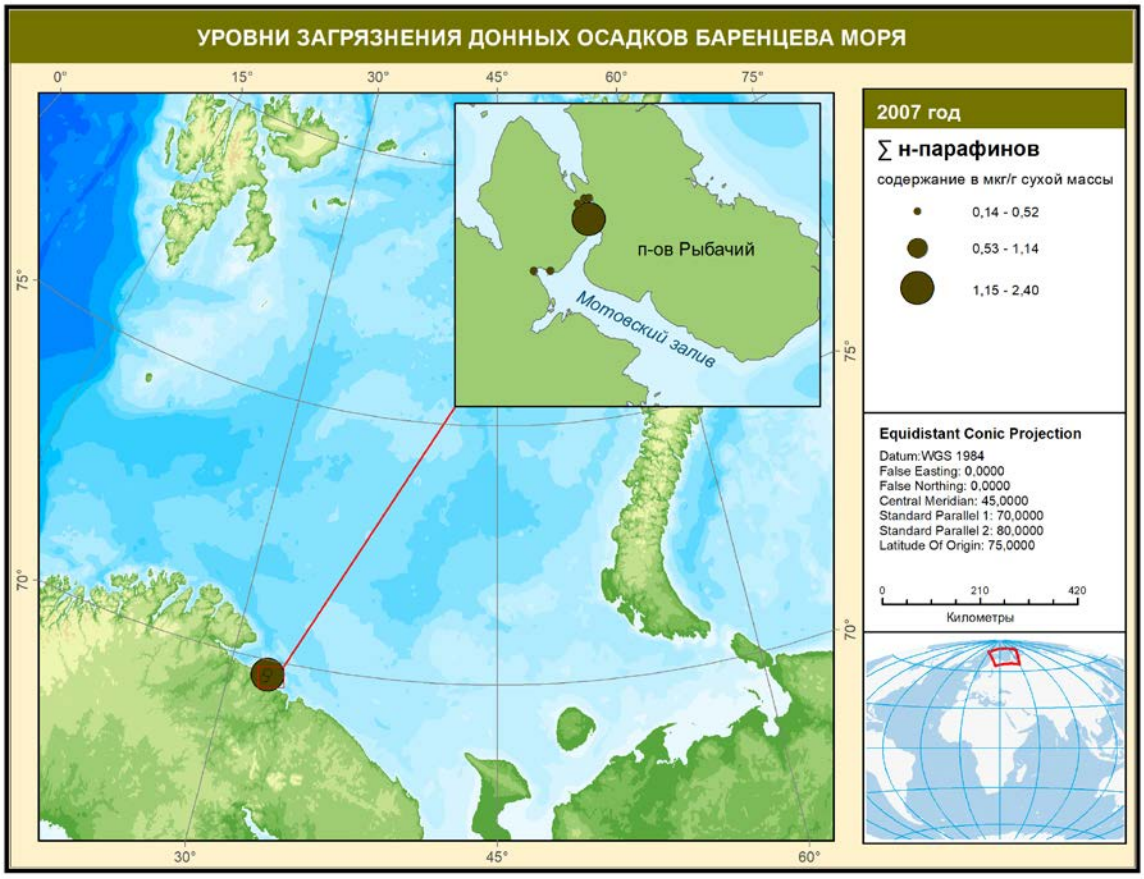
Ниже приводятся карты содержания *н*-парафинов в 2003-2015 гг.

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2003 год
∑ н-парафинов
содержание в мкг/г сухой массы
1,0 - 6,1
6,2 - 13,5
13,6 - 26,0
26,1 - 52,5
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

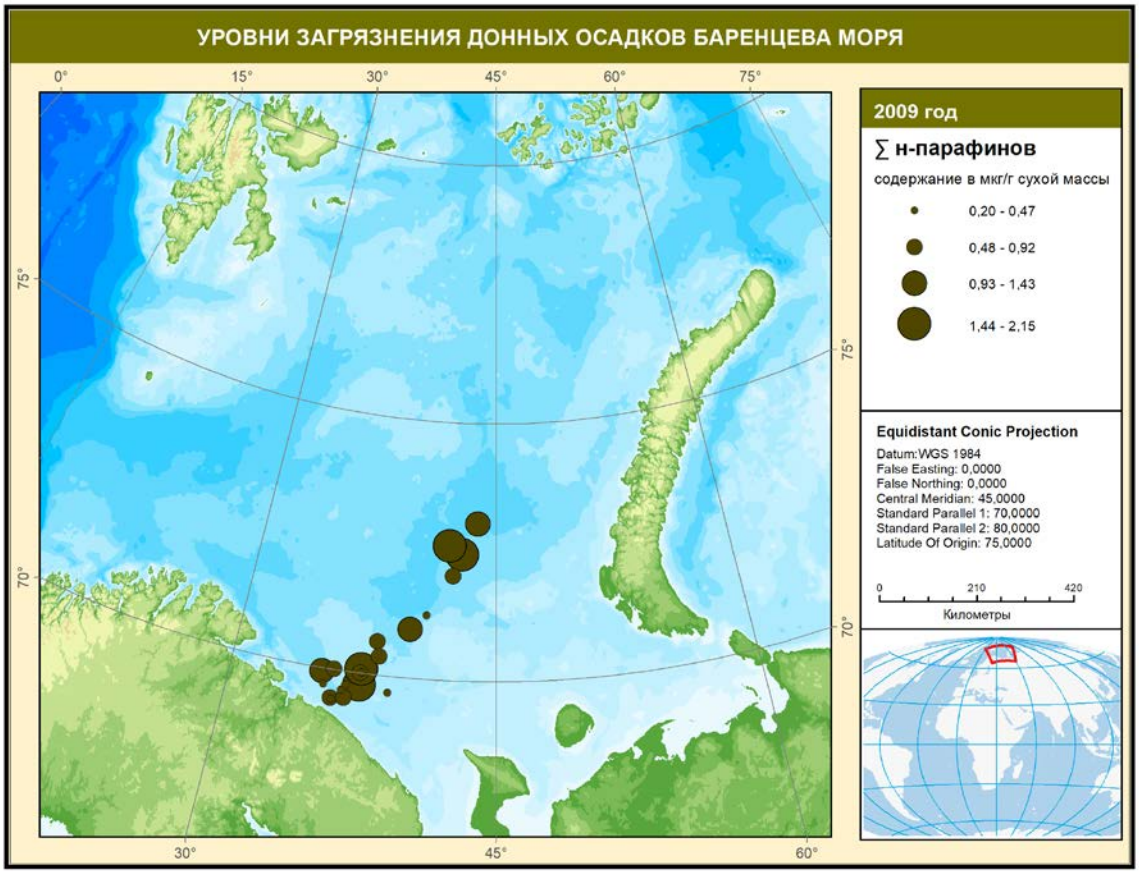
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2004 год
∑ н-парафинов
содержание в мкг/г сухой массы
1,0 - 6,0
6,1 - 16,0
16,1 - 30,0
30,1 - 71,0
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2005 год
∑ н-парафинов
содержание в мкг/г сухой массы
1,0 - 16,5
16,6 - 40,0
40,1 - 64,2
64,3 - 137,7
137,8 - 240,0
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2006 год
∑ н-парафинов
содержание в мкг/г сухой массы
1 - 19
20 - 41
42 - 106
107 - 423
424 - 909
910 - 4680
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
п-ов Рыбачий
Мотовский залив
2007 год
∑ н-парафинов
содержание в мкг/г сухой массы
0,14 - 0,52
0,53 - 1,14
1,15 - 2,40
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2008 год
∑ н-парафинов
содержание в мкг/г сухой массы
1 - 8
9 - 22
23 - 46
47 - 98
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2009 год
∑ н-парафинов
содержание в мкг/г сухой массы
0,20 - 0,47
0,48 - 0,92
0,93 - 1,43
1,44 - 2,15
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2010 год
∑ н-парафинов
содержание в мкг/г сухой массы
0,5 - 0,9
1,0 - 1,3
1,4 - 2,2
2,3 - 6,8
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2011 год
∑ н-парафинов
содержание в мкг/г сухой массы
0,37 - 0,47
0,48 - 0,86
0,87 - 1,22
1,23 - 1,68
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2012 год
∑ н-парафинов
содержание в мкг/г сухой массы
0,2 - 0,8
0,9 - 2,0
2,1 - 5,1
5,2 - 6,9
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2013 год
∑ н-парафинов
содержание в мкг/г сухой массы
0,2 - 0,7
0,8 - 1,3
1,4 - 2,1
2,2 - 3,1
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2014 год
∑ н-парафинов
содержание в мкг/г сухой массы
0,58 - 0,71
0,72 - 0,94
0,95 - 1,32
1,33 - 1,72
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2015 год
∑ н-парафинов
содержание в мкг/г сухой массы
0,68 - 1,15
1,16 - 1,54
1,55 - 2,20
2,21 - 5,88
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

ДДТ

ДДТ – дихлордифенилтрихлорэтан – относится к группе хлорорганических пестицидов (ХОП). Последние являются токсикантами глобального распространения, не имеющими природных аналогов. Большинство ХОП, таких как ДДТ, плохо растворимы в воде. ДДТ самый известный из пестицидов: широко применялся во время Второй мировой войны для защиты военнослужащих и гражданского населения от малярии, тифа и других заболеваний, распространяемых насекомыми (Диагностический анализ состояния…, 2011). ДДТ использовался в сельском хозяйстве в качестве эффективного инсектицида. Весьма устойчив в окружающей среде. Период полураспада ДДТ составляет несколько лет, он устойчив к химическому разрушению и обнаружен во всех частях света. Известно, что ДДТ концентрируется в цепи питания с коэффициентом обогащения, превышающим 500 000. До тех пор, пока ДДТ может сохраняться и концентрироваться в живых тканях организмов, он непрерывно будет представлять опасность (Химия окружающей среды, 1982). В связи с воздействием ДДТ на популяции диких животных и птиц (особенно хищных), в 1970-е годы многие страны постепенно отказались от его применения. В некоторых регионах мира до последнего времени продолжали использовать этот пестицид для борьбы с малярией (Диагностический анализ состояния…, 2011).

ДДТ и его метаболиты включены в список ограничений Стокгольмской конвенции в 2001 г. Россия ратифицировала Стокгольмскую конвенцию в 2011 г. (ФЗ № 164 от 27.06.2011 «О ратификации Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях») (Запевалов, 2018). С 1980 по 2000 г. объемы эмиссии ДДТ в северном полушарии уменьшились в 400 раз.

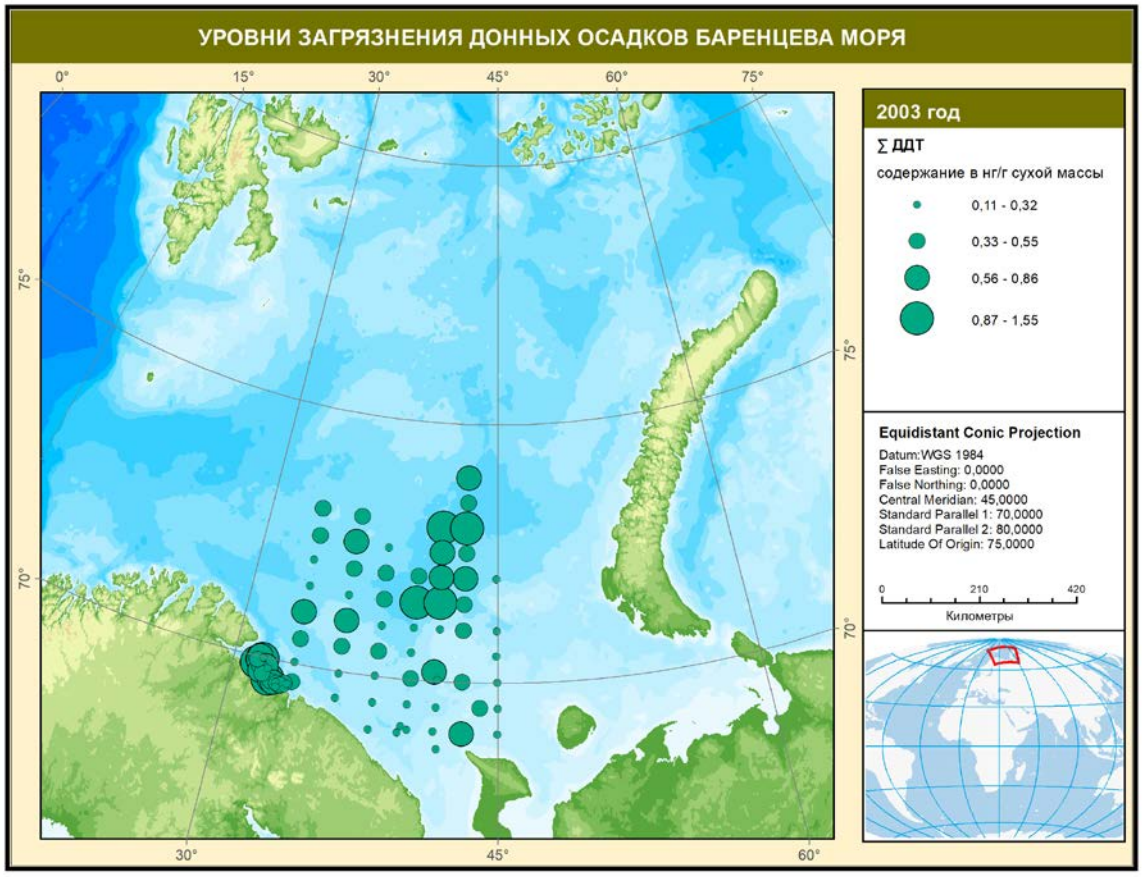
В техническом ДДТ преобладающим компонентом является изомер *p,p´*-ДДТ (77,7 %). В результате физико-химических и биологических процессов, происходящих в море, *p,p´*-ДДТ трансформируется в более стойкие метаболиты ДДД и ДДЕ (Кольский залив…, 2009). Хлорорганические пестициды типа ДДТ в поверхностных водах присутствуют преимущественно в сорбированном состоянии (Израэль, Цыбань, 2009).

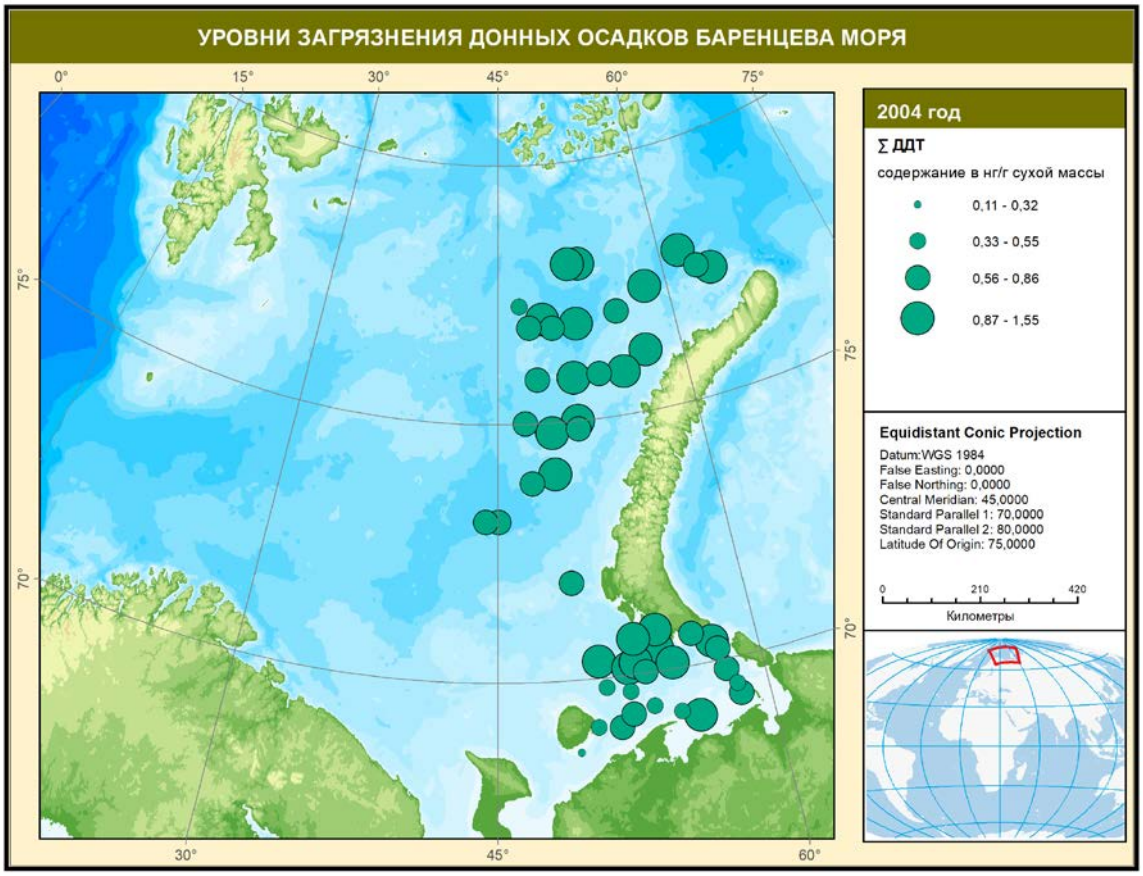
Из группы стойких органических соединений, подпадающих под действие Стокгольмской конвенции, в программы наблюдения Росгидромета до недавнего времени были включены только ДДТ и гексахлорбензол (ГХБ). ДДТ и ГХБ включены в программы контроля состояния загрязнения почв пестицидами, ДДТ – в контроль состояния загрязнения морей и фонового загрязнения атмосферы (Диагностический анализ состояния…, 2011).

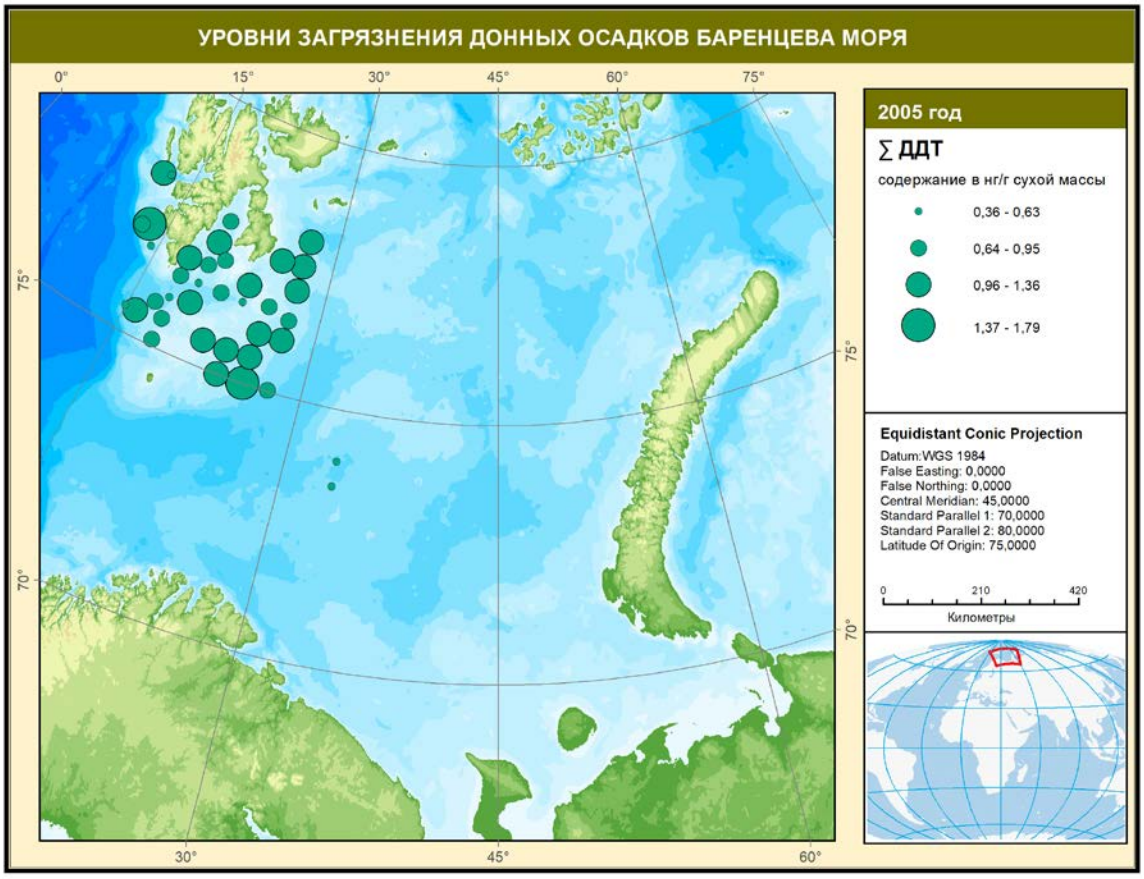
Известно, что суммарное содержание ДДТ в донных отложениях Карского моря варьирует в пределах от 0,3 до 0,6 нг/г сухой массы осадка со средним 0,4 нг/г, в отложениях моря Лаптевых в комплексе соединений ДДТ обнаружены метаболиты ДДЕ – 0,10 нг/г, ДДД – 0,05 нг/г, ДДТ – 0,12 нг/г сухой массы осадка (Ильин, 2009).

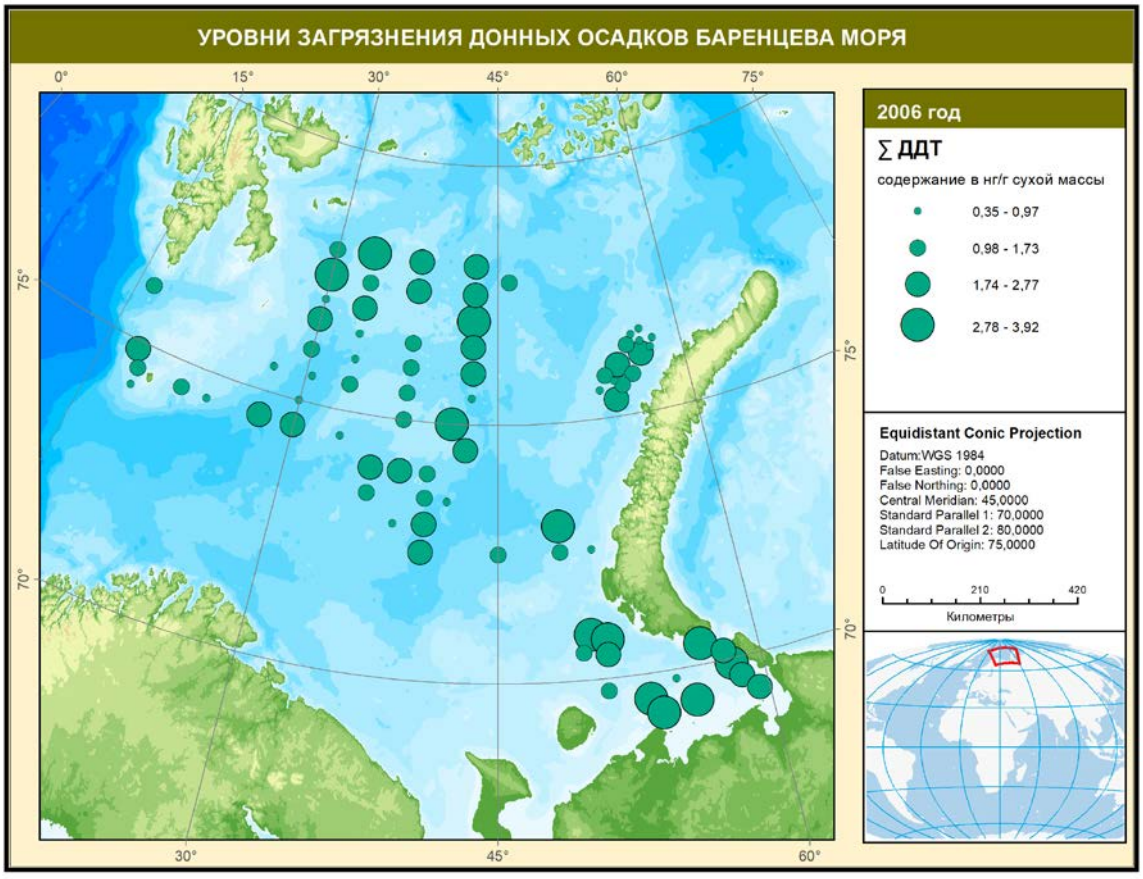
За общее содержание ДДТ (ΣДДТ), отображенное на картах, принимали сумму концентраций метаболитов ДДТ: o,p`-ДДЕ; p,p`-ДДЕ; o,p`-ДДД; p,p`-ДДД; o,p`-ДДТ, p,p`-ДДТ.

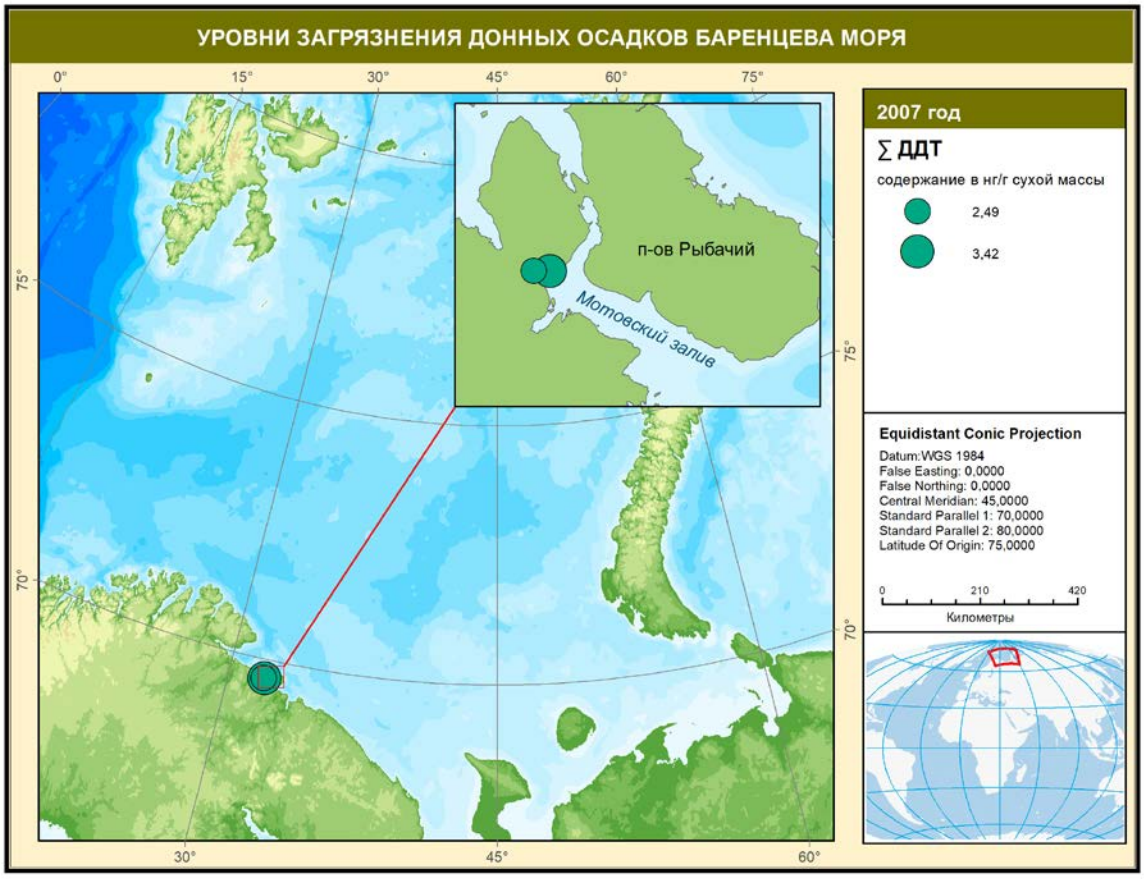
Ниже приводятся карты содержания ДДТ в 2003-2018 гг.

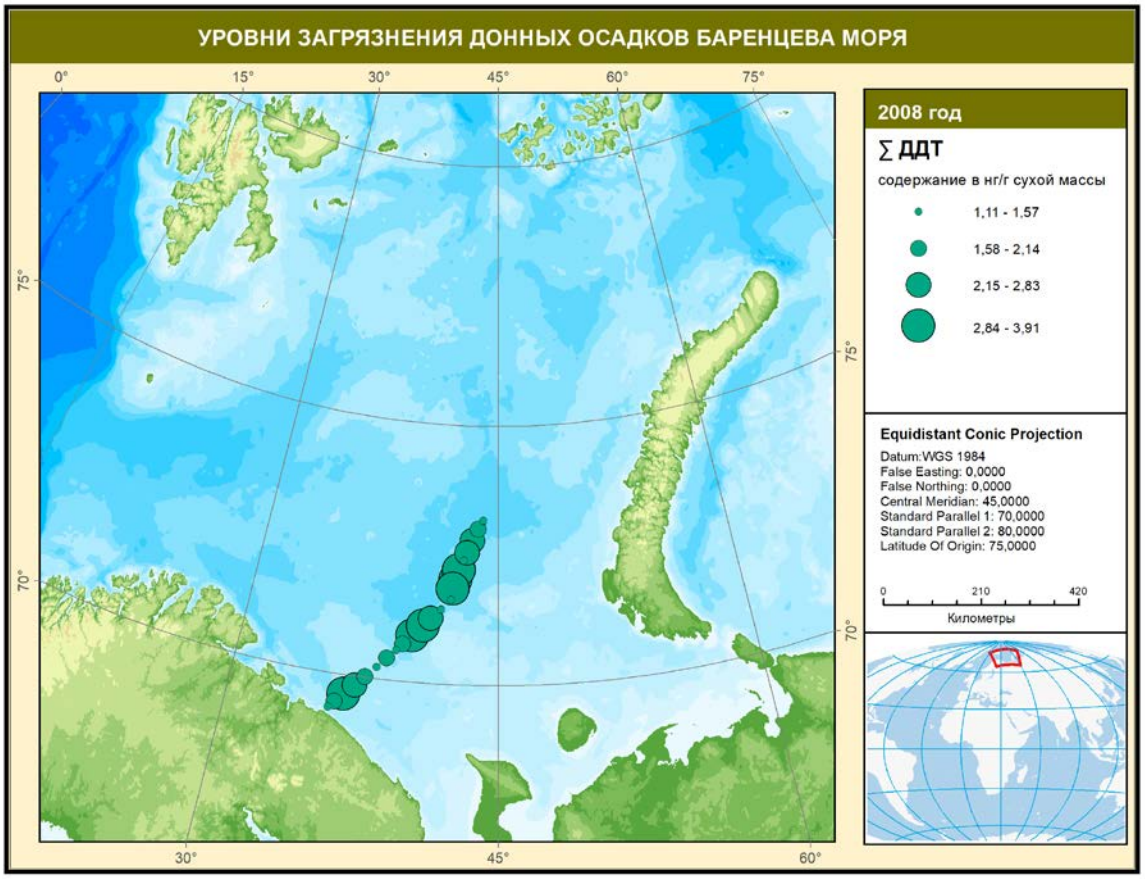

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2003 год
∑ ДДТ
содержание в нг/г сухой массы
0,11 - 0,32
0,33 - 0,55
0,56 - 0,86
0,87 - 1,55
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

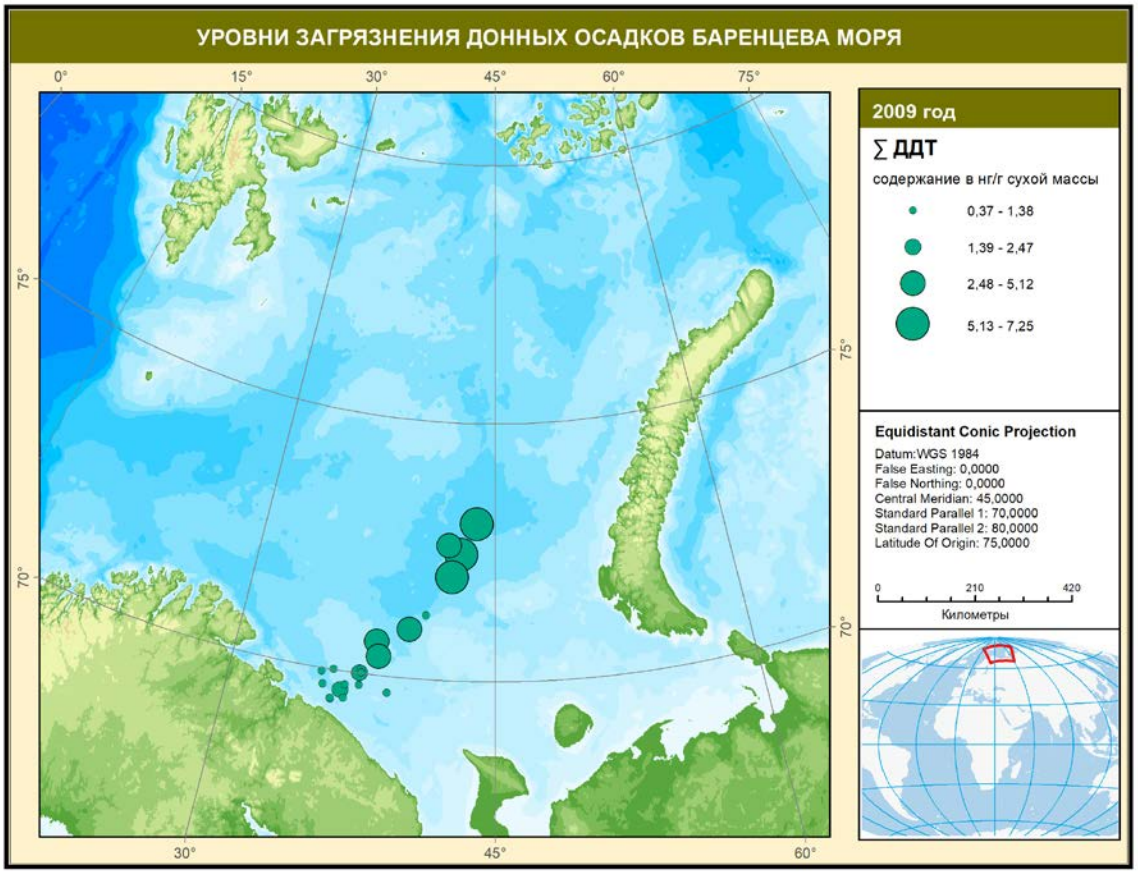

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2004 год
∑ ДДТ
содержание в нг/г сухой массы
0,11 - 0,32
0,33 - 0,55
0,56 - 0,86
0,87 - 1,55
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

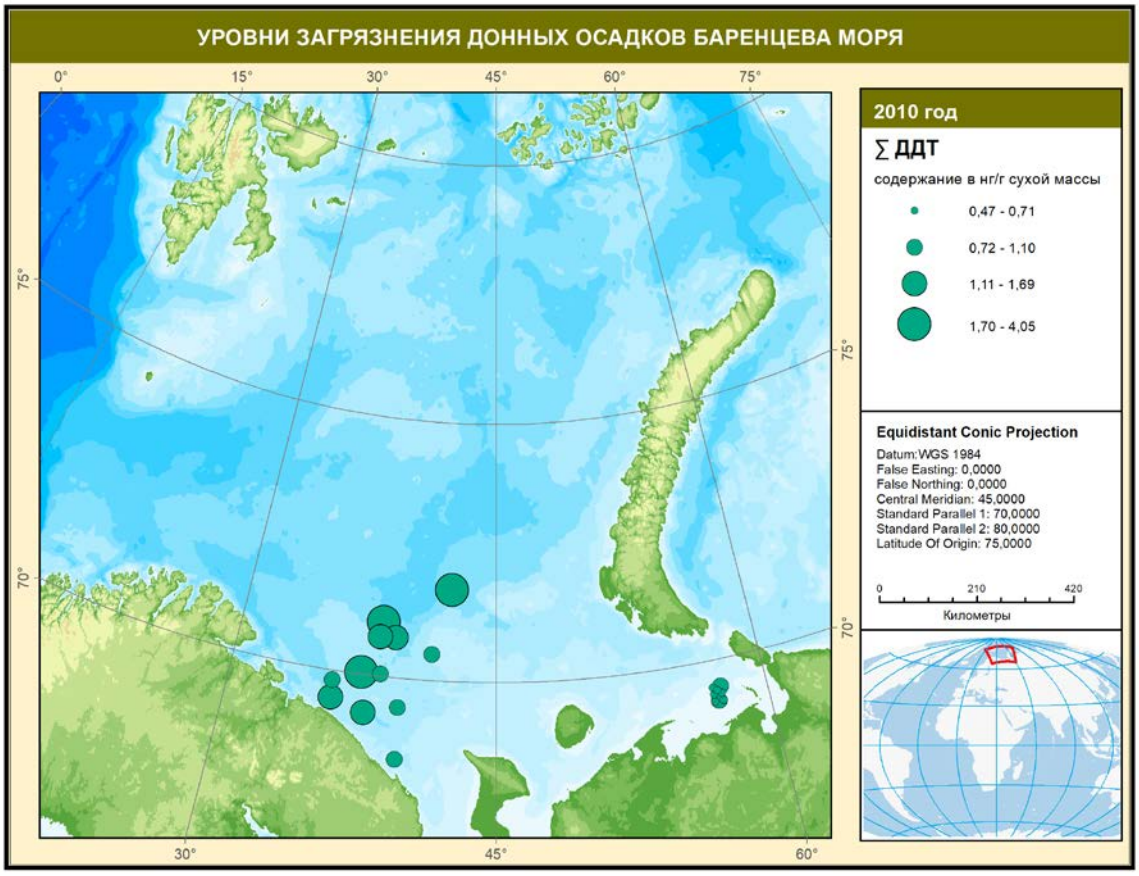

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2005 год
∑ ДДТ
содержание в нг/г сухой массы
0,36 - 0,63
0,64 - 0,95
0,96 - 1,36
1,37 - 1,79
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

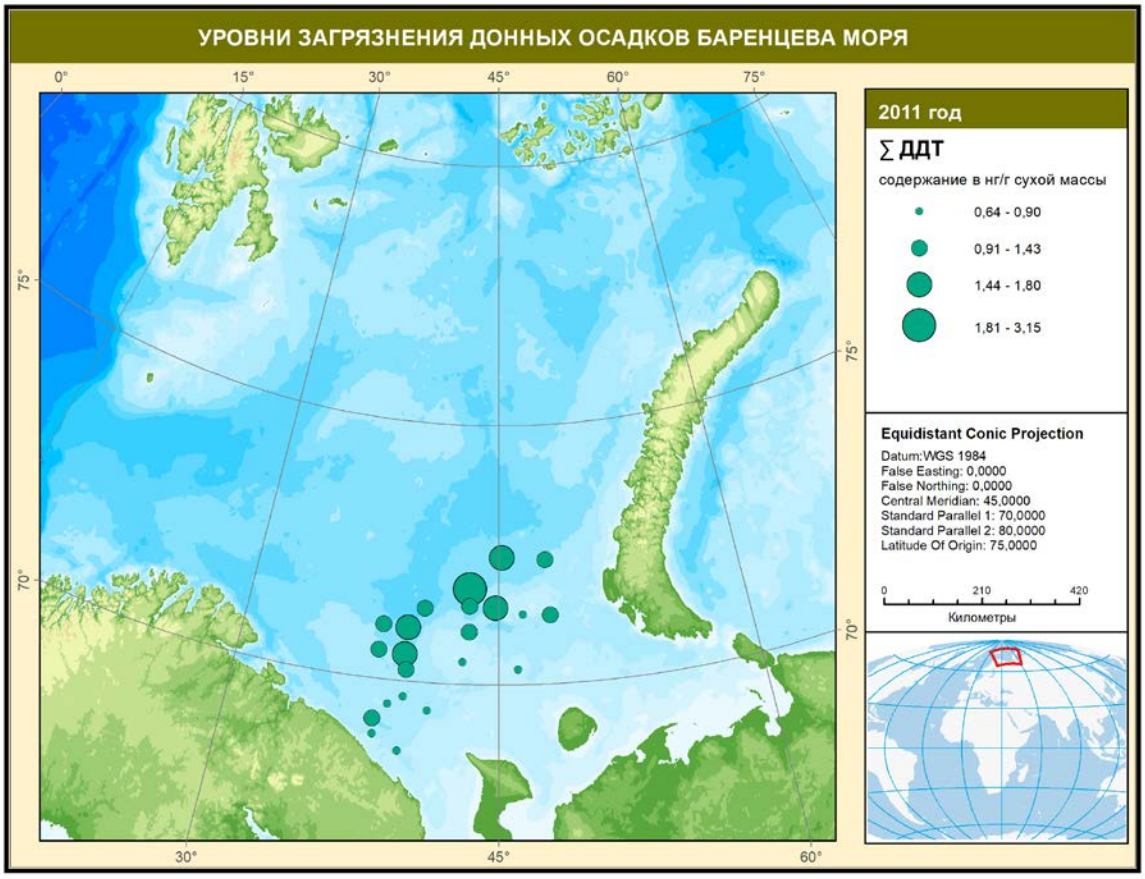

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2006 год
∑ ДДТ
содержание в нг/г сухой массы
0,35 - 0,97
0,98 - 1,73
1,74 - 2,77
2,78 - 3,92
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

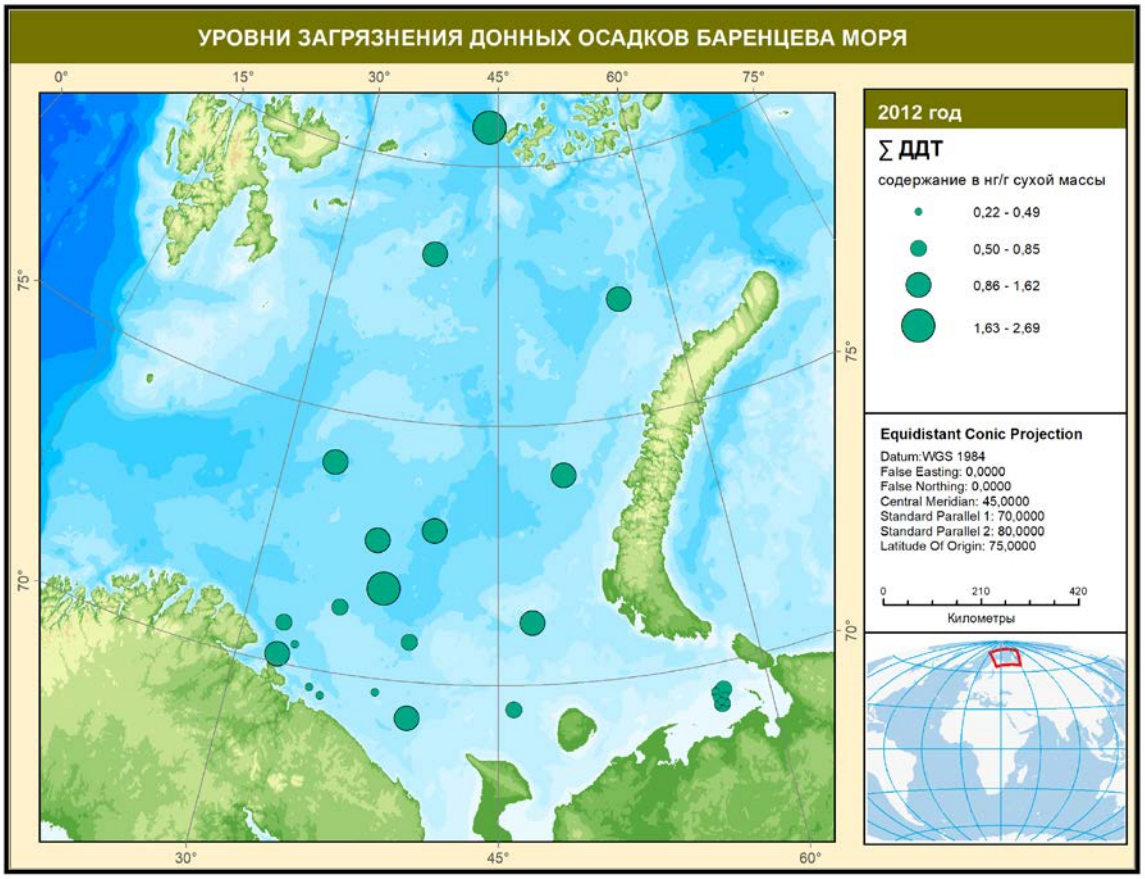

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
п-ов Рыбачий
Мотовский залив
2007 год
∑ ДДТ
содержание в нг/г сухой массы
2,49
3,42
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

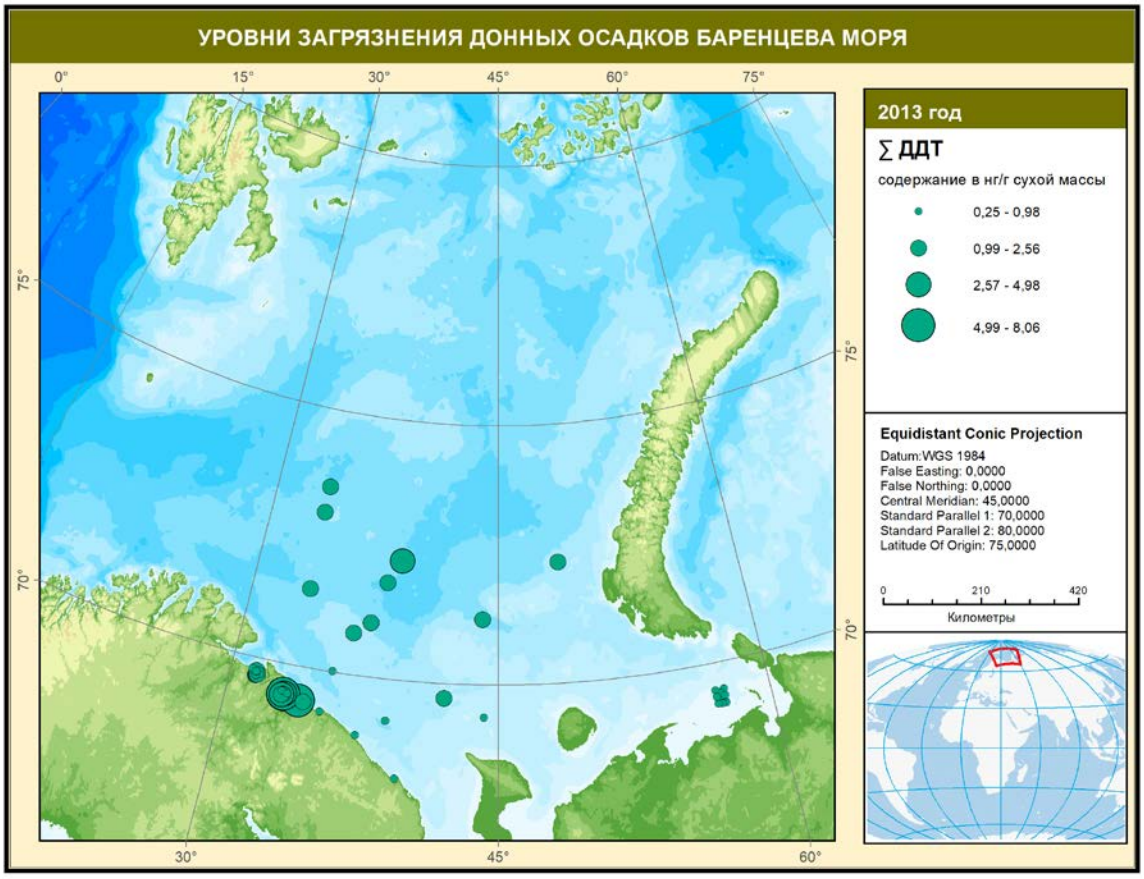

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2008 год
∑ ДДТ
содержание в нг/г сухой массы
1,11 - 1,57
1,58 - 2,14
2,15 - 2,83
2,84 - 3,91
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

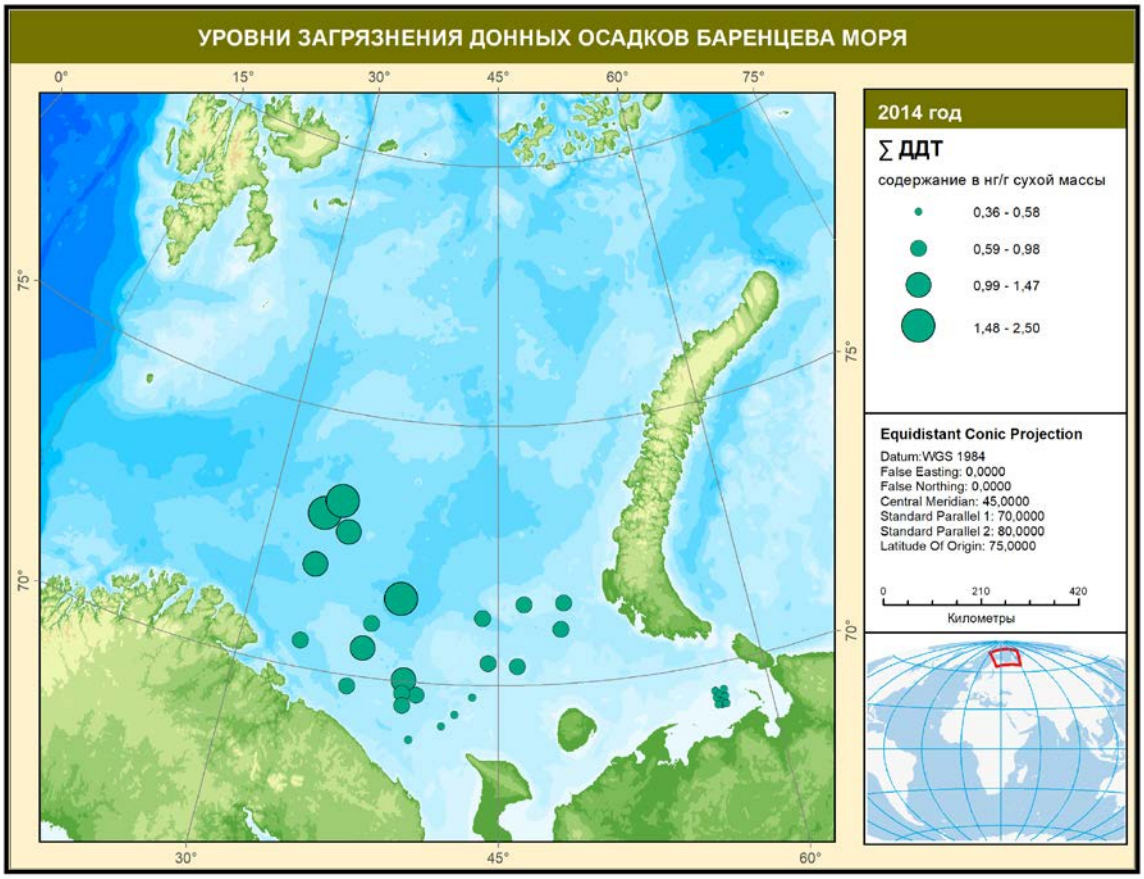

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2009 год
∑ ДДТ
содержание в нг/г сухой массы
0,37 - 1,38
1,39 - 2,47
2,48 - 5,12
5,13 - 7,25
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

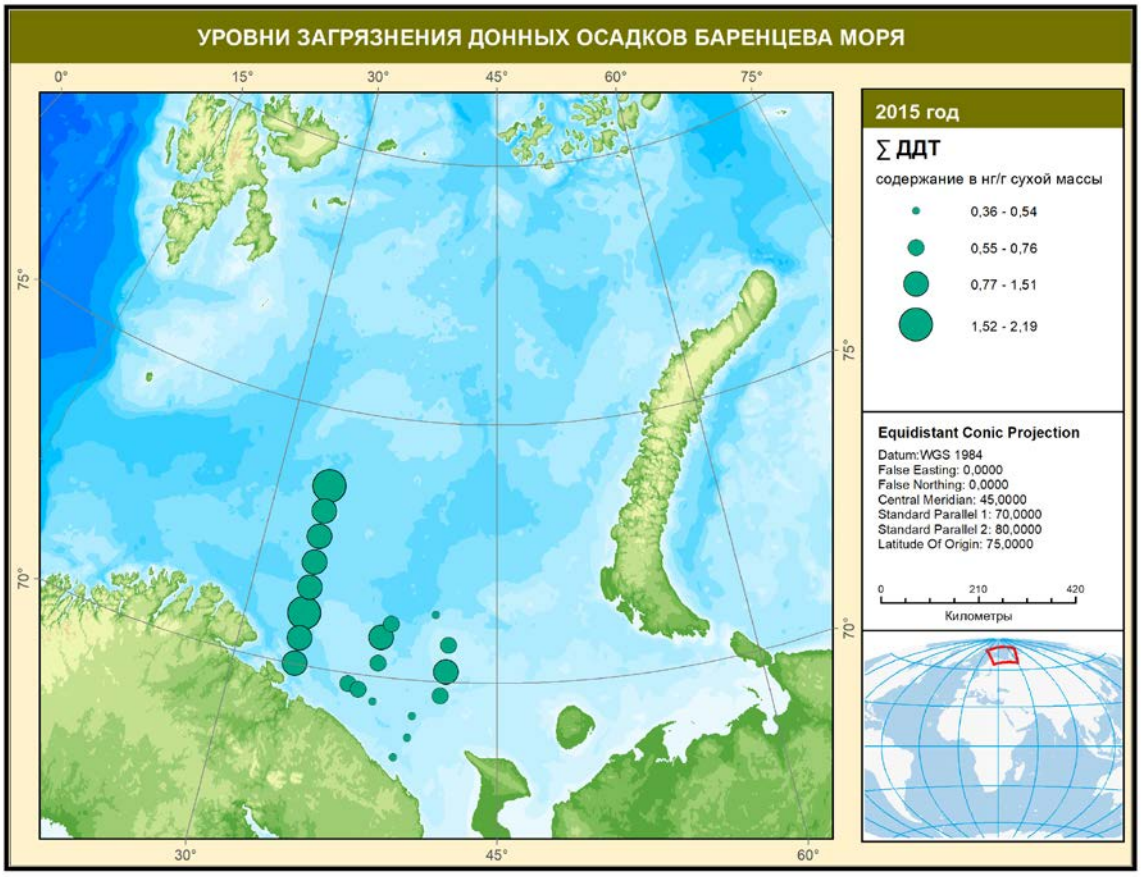

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2010 год
∑ ДДТ
содержание в нг/г сухой массы
0,47 - 0,71
0,72 - 1,10
1,11 - 1,69
1,70 - 4,05
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2011 год
∑ ДДТ
содержание в нг/г сухой массы
0,64 - 0,90
0,91 - 1,43
1,44 - 1,80
1,81 - 3,15
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

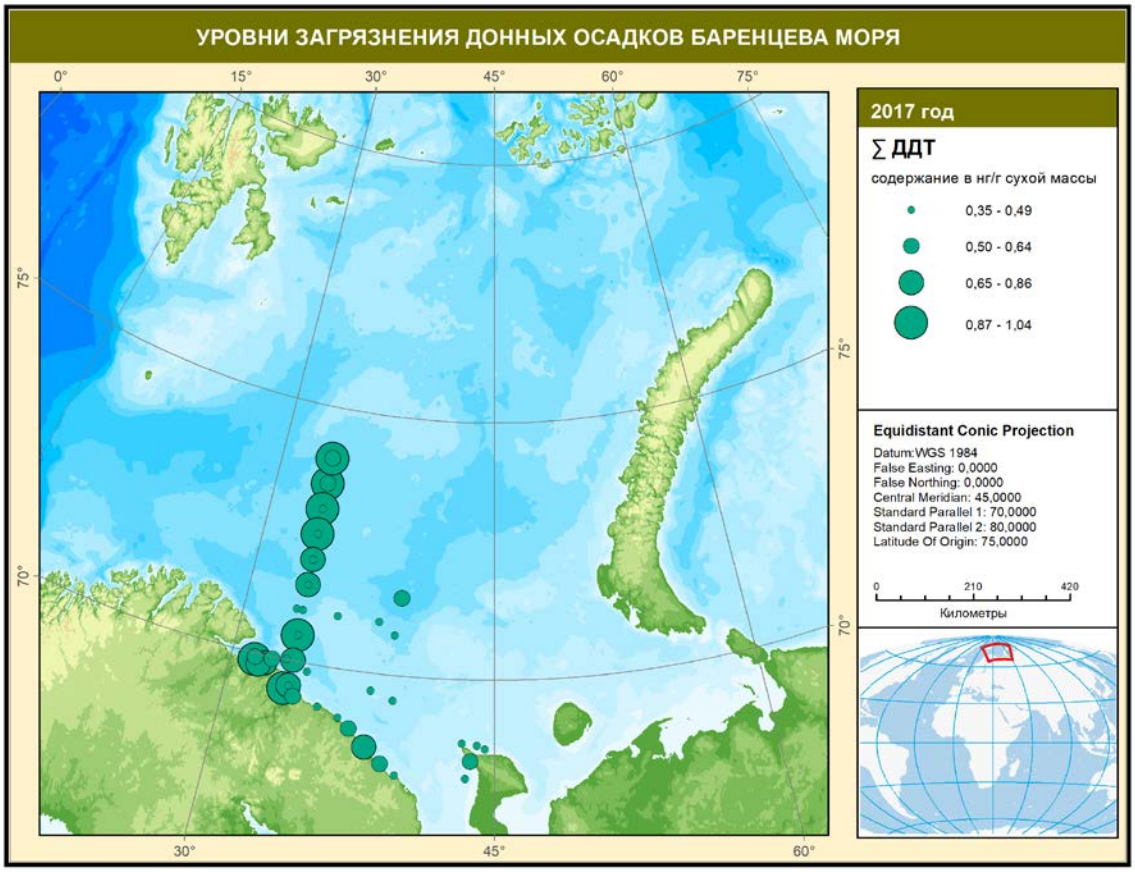

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2012 год
∑ ДДТ
содержание в нг/г сухой массы
0,22 - 0,49
0,50 - 0,85
0,86 - 1,62
1,63 - 2,69
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

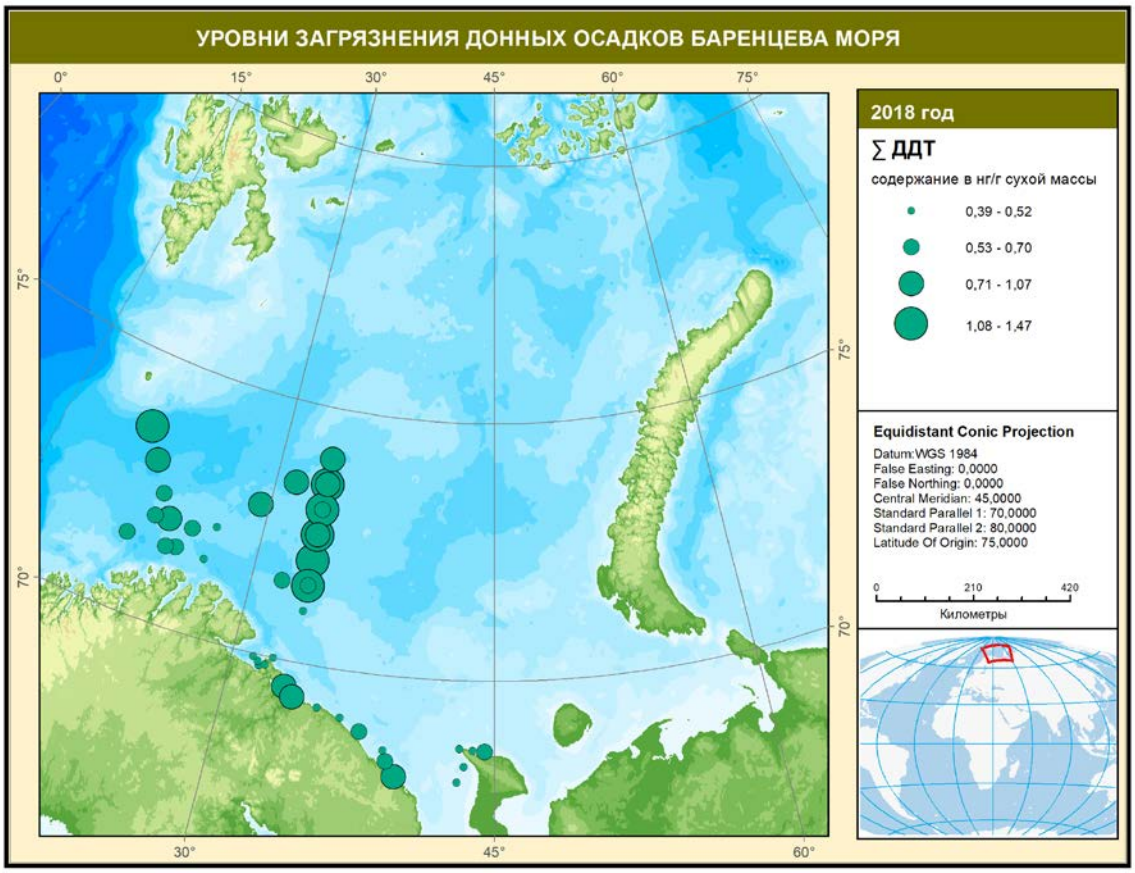

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2013 год
∑ ДДТ
содержание в нг/г сухой массы
0,25 - 0,98
0,99 - 2,56
2,57 - 4,98
4,99 - 8,06
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2014 год
∑ ДДТ
содержание в нг/г сухой массы
0,36 - 0,58
0,59 - 0,98
0,99 - 1,47
1,48 - 2,50
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2015 год
∑ ДДТ
содержание в нг/г сухой массы
0,36 - 0,54
0,55 - 0,76
0,77 - 1,51
1,52 - 2,19
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2016 год
∑ ДДТ
содержание в нг/г сухой массы
0,50 - 0,51
0,52 - 0,55
0,56 - 0,60
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2017 год
∑ ДДТ
содержание в нг/г сухой массы
0,35 - 0,49
0,50 - 0,64
0,65 - 0,86
0,87 - 1,04
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2018 год
∑ ДДТ
содержание в нг/г сухой массы
0,39 - 0,52
0,53 - 0,70
0,71 - 1,07
1,08 - 1,47
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

ГХБ

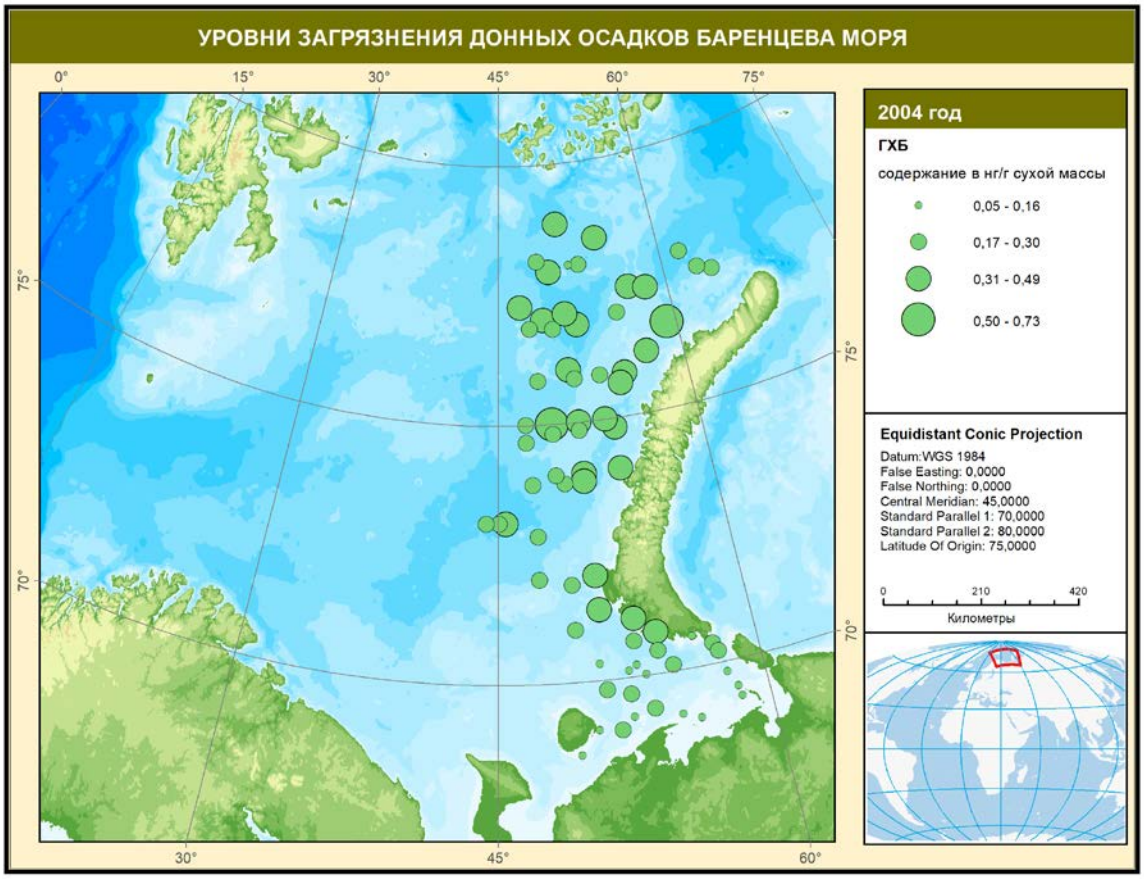
ГХБ (гексахлорбензол) относится к группе ХОП, которые являются токсикантами глобального распространения, не имеющими природных аналогов. Они широко используются в сельском хозяйстве и промышленности, очень устойчивы. В сельском хозяйстве ГХБ в основном применяли для протравливания семян в качестве фунгицида, реже использовали как инсектицид. ГХБ уничтожает грибки, наносящие вред продовольственным культурам. Образуется непреднамеренно в качестве побочного продукта в процессе производства некоторых химикатов, например, хлора и хлорированных соединений, а также некоторых других пестицидов. ГХБ также использовался как промышленное химическое вещество при производстве взрывчатых веществ и синтетического каучука (Мельников, 1974; Диагностический анализ состояния…, 2011). Известно использование ГХБ при производстве поливинилхлорида, синтетического каучука, пентахлорфенола и его производных, красителей, в качестве флюса в алюминиевой промышленности, а также для консервации древесины. До 1991 г. для нужд сельского хозяйства отпускалось ежегодно до 120-150 т ГХБ, который входил в состав таких фунгицидов, как гамма-гексан, гексатиурам, меркурбензол, фагус и др. В настоящее время также используется оборонной промышленностью в производстве пиротехнических средств (URL: http://ecoaccord.org/). Гексахлорбензол был разрешен к применению для сельскохозяйственных целей, в лесном деле и коммунальном хозяйстве до 1990 г. как компонент препаратов гексатиурам и гаммагексан. В 1990-1996 гг. было разрешено только использование остатков гексатиурама и гаммагексана от применения в предшествующий период. После 1996 г. в качестве пестицида не разрешалось использование ни одного препарата, содержащего ГХБ (Диагностический анализ состояния…, 2011).

Из группы стойких органических соединений, подпадающих под действие Стокгольмской конвенции, в программы наблюдения Росгидромета до недавнего времени были включены только ГХБ и ДДТ. Эти соединения включены в программы контроля состояния загрязнения почв пестицидами (Диагностический анализ состояния…, 2011).

Среднее содержание ГХБ в донных отложениях Баренцева моря, по нашим данным, составляет 0,20 нг/г сухой массы осадка, при этом наибольшие средние значения отмечены в осадках шельфа архипелага Шпицберген – 0,77 нг/г, наименьшие – в Печорском море 0,11 нг/г сухой массы (Новиков, 2021).

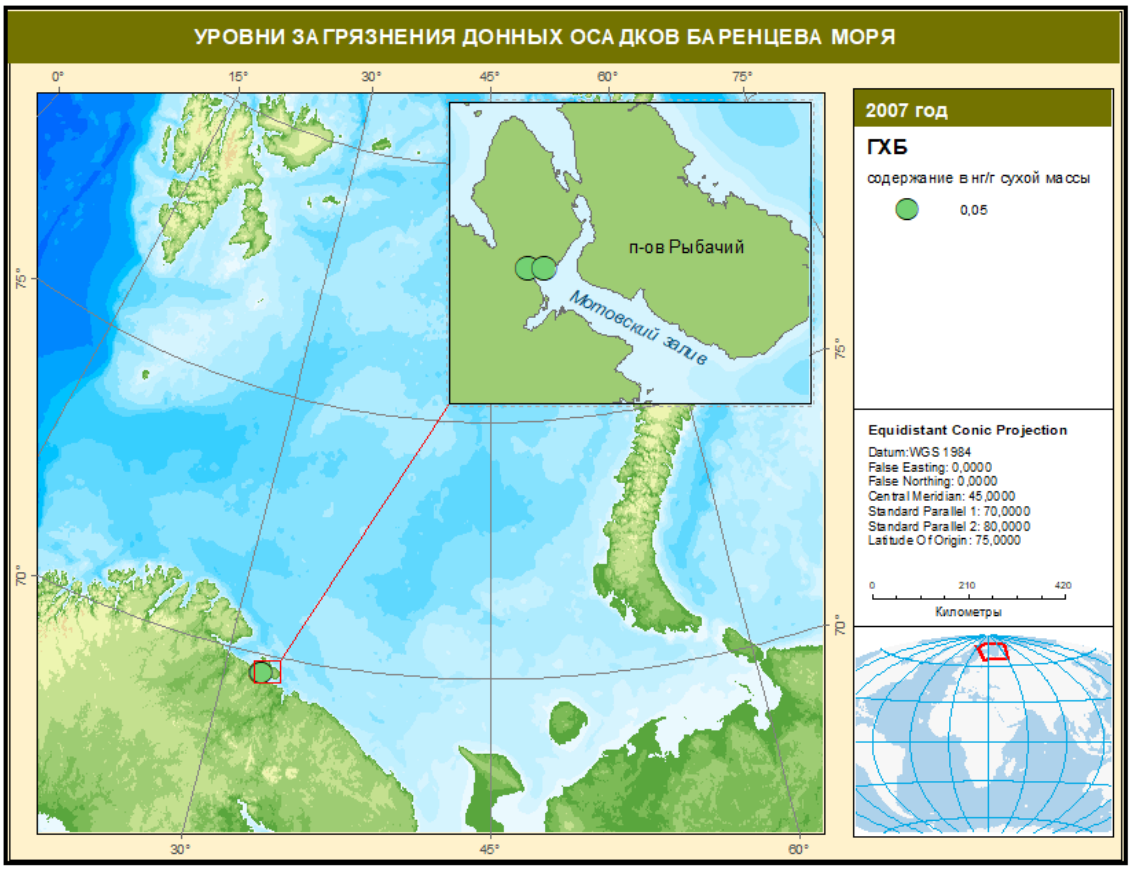
Ниже приводятся карты содержания ГХБ в 2003-2018 гг.

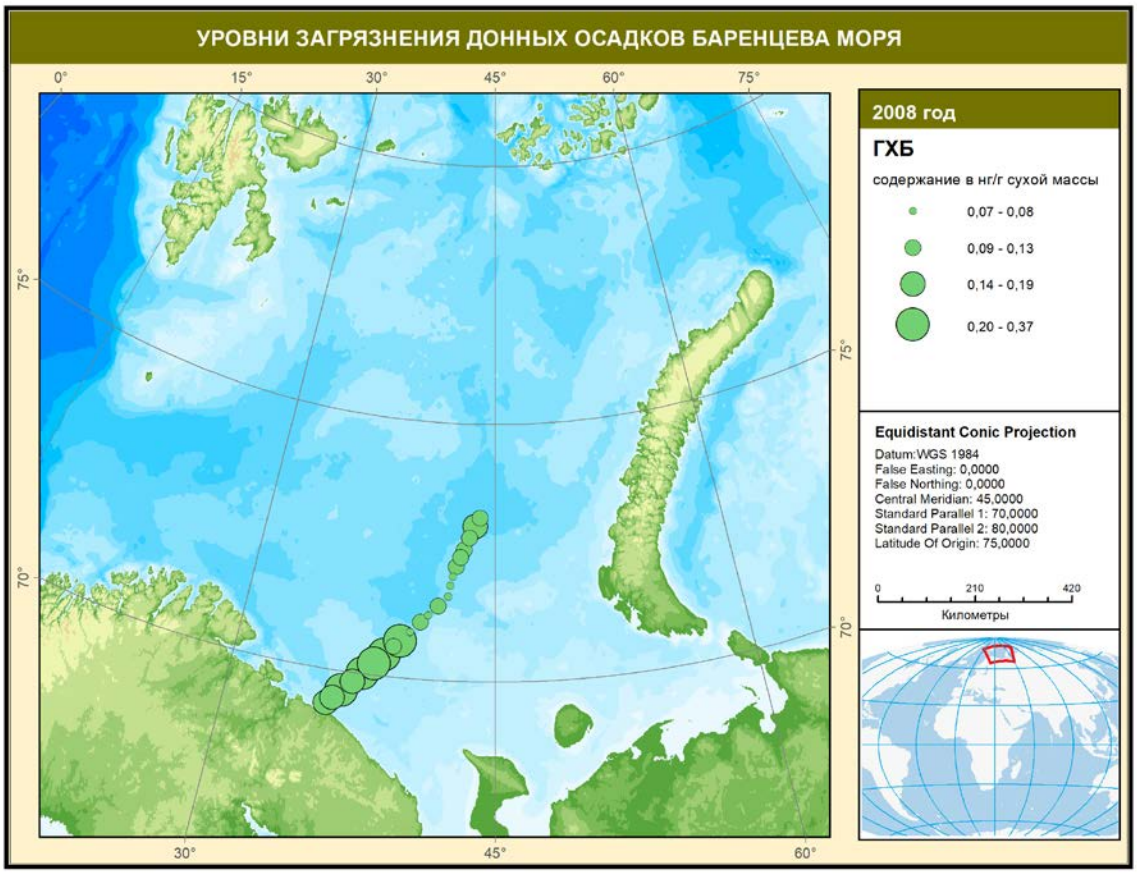
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2003 год
ГХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,05 - 0,19
0,20 - 0,35
0,36 - 0,60
0,61 - 0,99
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2004 год
ГХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,05 - 0,16
0,17 - 0,30
0,31 - 0,49
0,50 - 0,73
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2005 год
ГХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,17 - 0,48
0,49 - 0,82
0,83 - 1,06
1,07 - 1,55
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

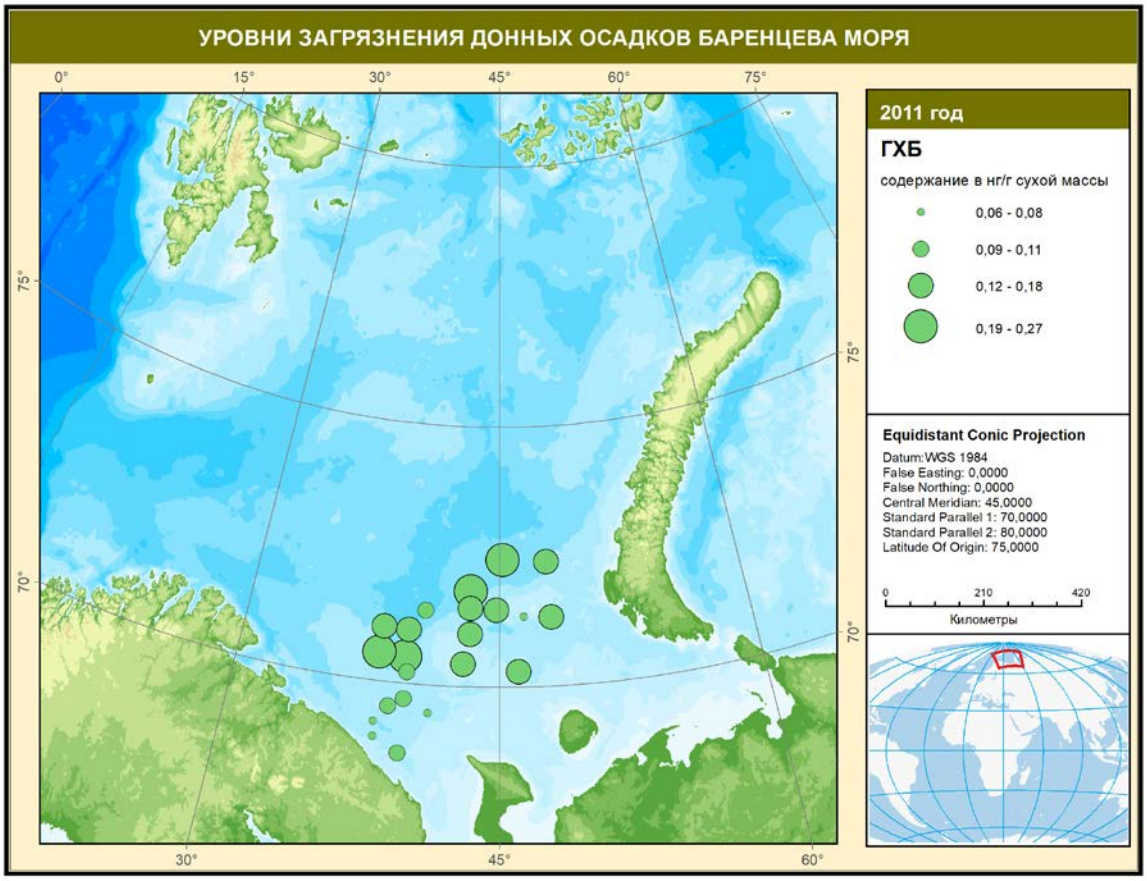
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2006 год
ГХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,05 - 0,11
0,12 - 0,24
0,25 - 0,41
0,42 - 0,56
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

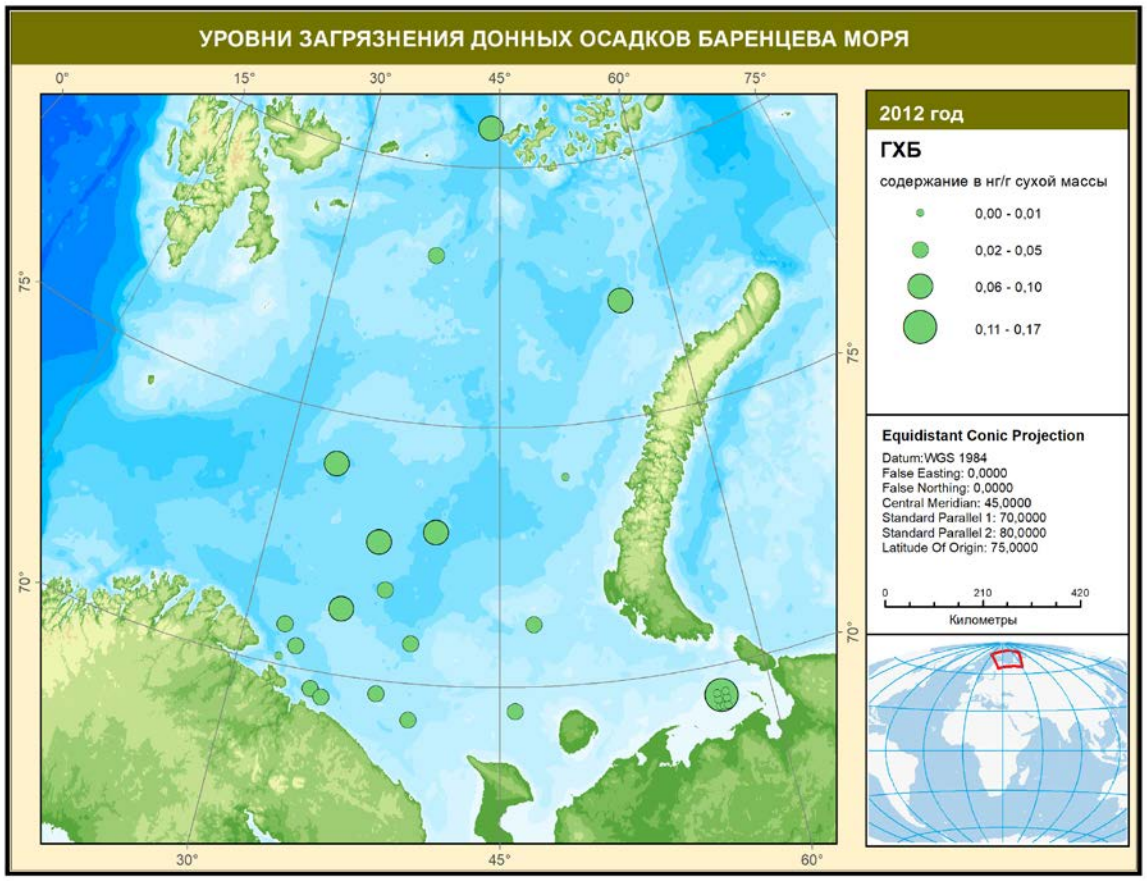

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
п-ов Рыбачий
Мотовский залив
2007 год
ГХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,05
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

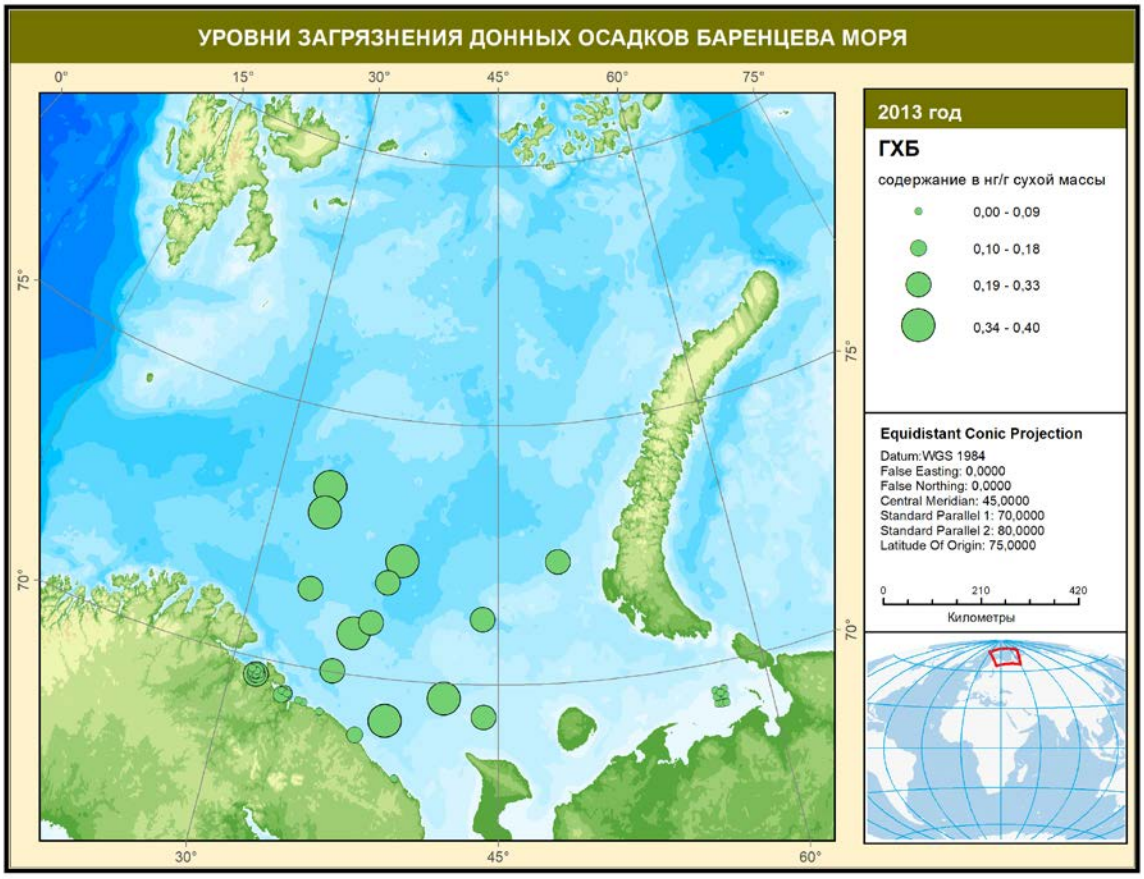

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2008 год
ГХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,07 - 0,08
0,09 - 0,13
0,14 - 0,19
0,20 - 0,37
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

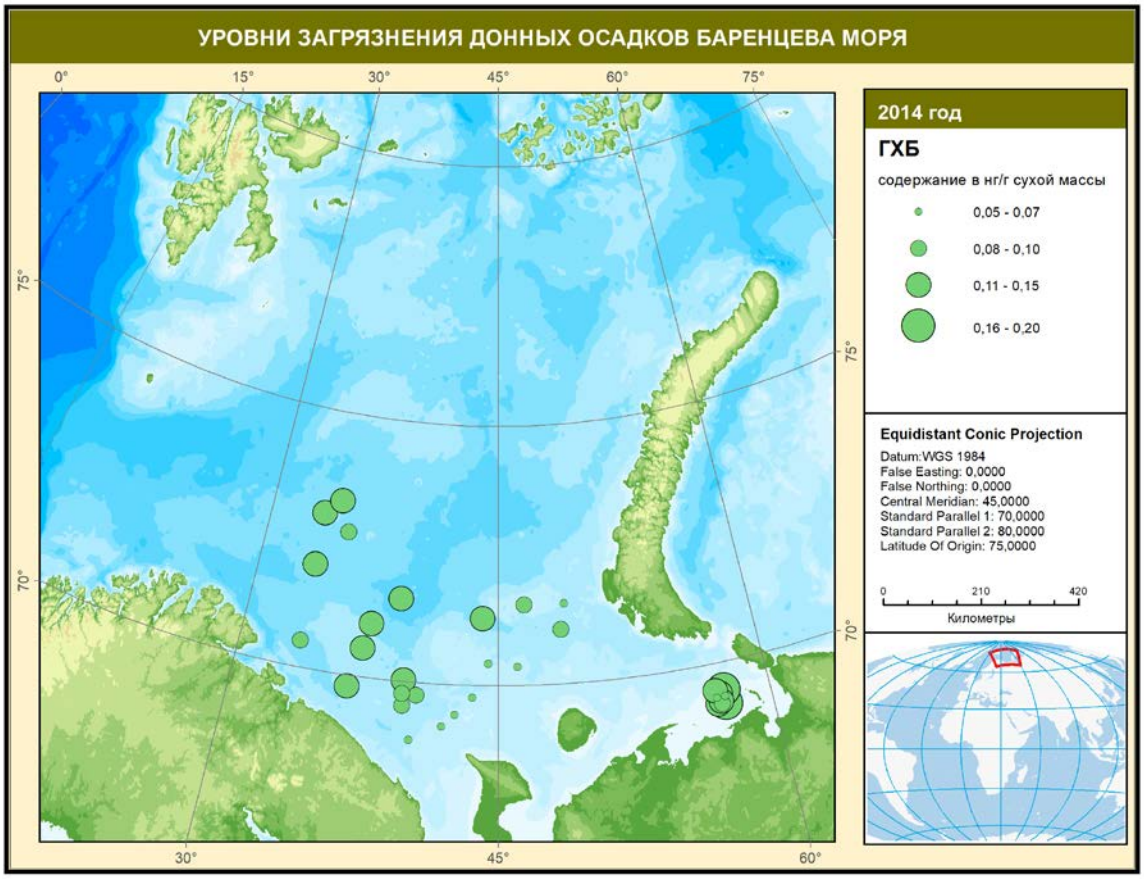
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2009 год
ГХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,06 - 0,11
0,12 - 0,17
0,18 - 0,22
0,23 - 0,29
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2010 год
ГХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,08 - 0,11
0,12 - 0,17
0,18 - 0,24
0,25 - 0,48
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

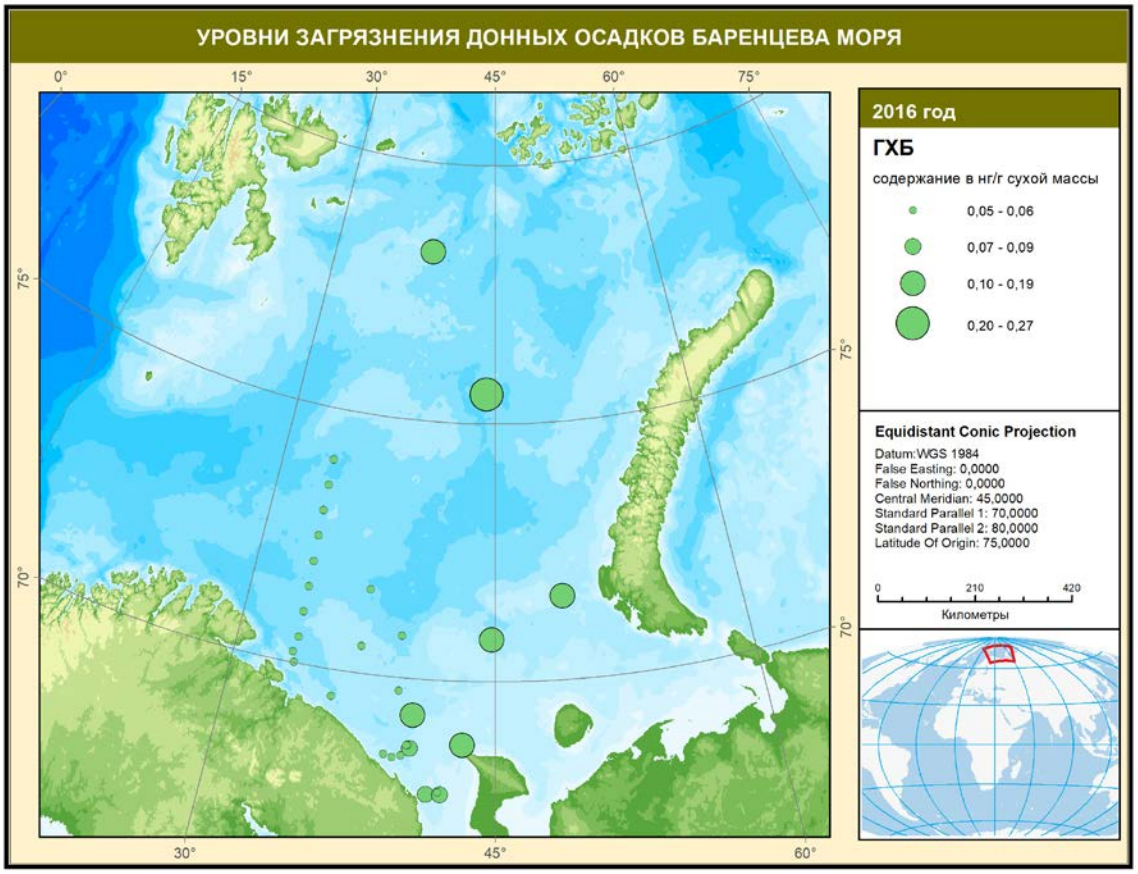

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2011 год
ГХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,06 - 0,08
0,09 - 0,11
0,12 - 0,18
0,19 - 0,27
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2012 год
ГХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,00 - 0,01
0,02 - 0,05
0,06 - 0,10
0,11 - 0,17
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2013 год
ГХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,00 - 0,09
0,10 - 0,18
0,19 - 0,33
0,34 - 0,40
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2014 год
ГХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,05 - 0,07
0,08 - 0,10
0,11 - 0,15
0,16 - 0,20
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2015 год
ГХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,05 - 0,06
0,07 - 0,08
0,09 - 0,11
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2016 год
ГХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,05 - 0,06
0,07 - 0,09
0,10 - 0,19
0,20 - 0,27
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2017 год
ГХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,05 - 0,07
0,08 - 0,12
0,13 - 0,19
0,20 - 0,34
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2018 год
ГХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,05 - 0,08
0,09 - 0,14
0,15 - 0,20
0,21 - 0,30
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

ГХЦГ

ГХЦГ (гексахлорциклогексан) относится к группе ХОП, которые являются токсикантами глобального распространения, не имеющими природных аналогов. Они широко используются в сельском хозяйстве и промышленности, очень устойчивы. ГХЦГ – инсектицид широкого спектра действия. ГХЦГ представляет собой смесь 8 изомеров, но в Советском Союзе использовалась обогащенная смесь ГХЦГ, которая не менее чем на 90 % состояла из γ-ГХЦГ (линдана). Непосредственно линдан в СССР не производили, однако технический и обогащенный ГХЦГ производили в Самарской области. После 1990 г. производство линдана было прекращено (Мельников, 1974; Диагностический анализ состояния…, 2011).

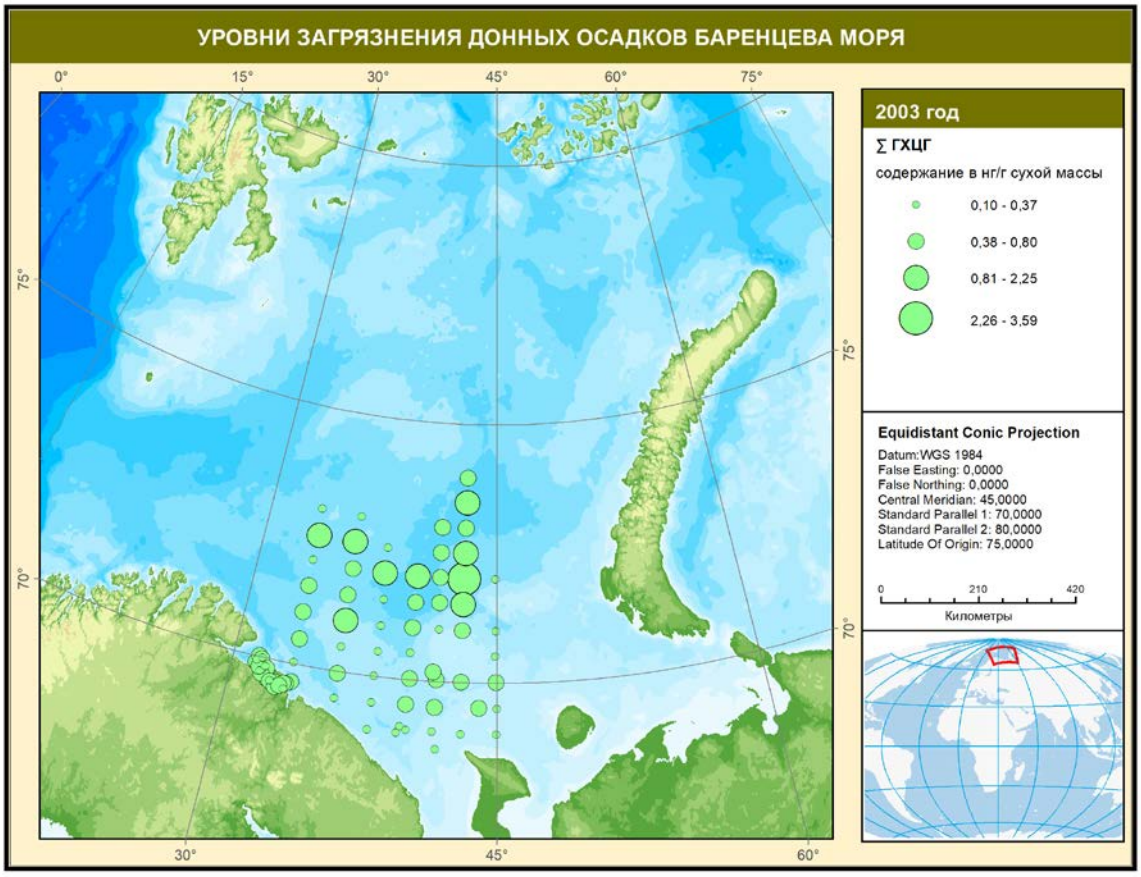
В настоящее время в России применение всех препаратов, содержащих изомеры (альфа-, бета-, гамма-) ГХЦГ, не допускается, так как они запрещены Стокгольмской конвенцией в 2009 г. (Запевалов, 2018).

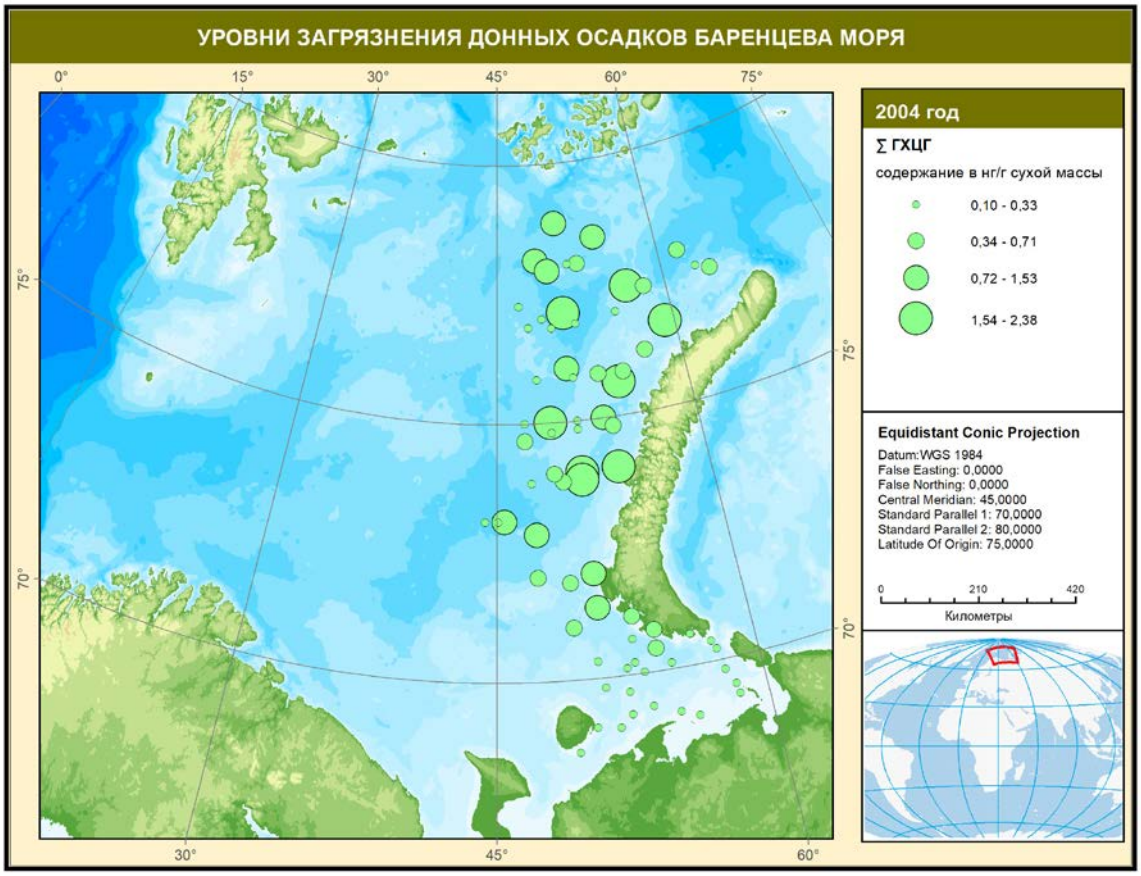
Известно, что линдан разлагается микроорганизмами и фотохимически изомеризуется в α-ГХЦГ, который наиболее стабилен в окружающей среде, поэтому, несмотря на большую токсичность, γ-ГХЦГ оказывает менее сильное отрицательное воздействие на окружающую среду, чем α- и β-изомеры ГХЦГ, которые обладают канцерогенными свойствами и относятся к экологически опасным соединениям. В водоемы ГХЦГ поступает из почвы с поверхностными стоками и ирригационными водами, из воды мигрирует по водным биологическим цепям: вода – фитопланктон – зоопланктон – рыбы – рыбоядные птицы; рыбы – морские млекопитающие; рыбы – человек. ГХЦГ длительно сохраняется в почве: через 3 года после обработки в почве обнаруживалось 5 % препарата (Диагностический анализ состояния…, 2011).

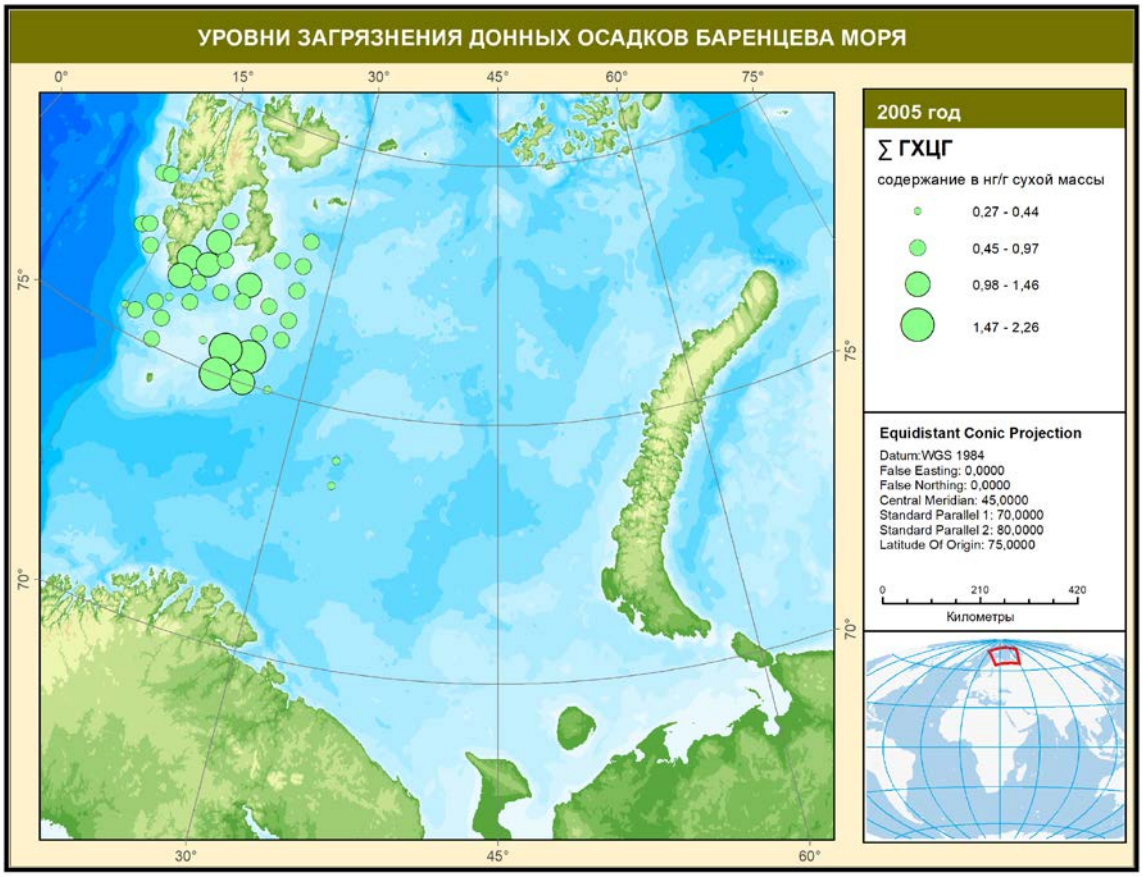
Известно, что суммарное содержание ГХЦГ в донных отложениях Карского моря варьирует от 0,25 до 1,0 нг/г сухой массы осадка со средним значением 0,5 нг/г, в отложениях моря Лаптевых диапазон содержания α-ГХЦГ составляет 0,04-0,15 нг/г, а γ-ГХЦГ – 0,03-0,19 нг/г сухой массы осадка (Ильин, 2009). В отложениях Двинского залива Белого моря среднее и максимальное содержание α-ГХЦГ составляют 0,2 и 0,4 нг/г, а γ-ГХЦГ – 0,4 и 0,8 нг/г сухой массы соответственно (Ильин, 2009).

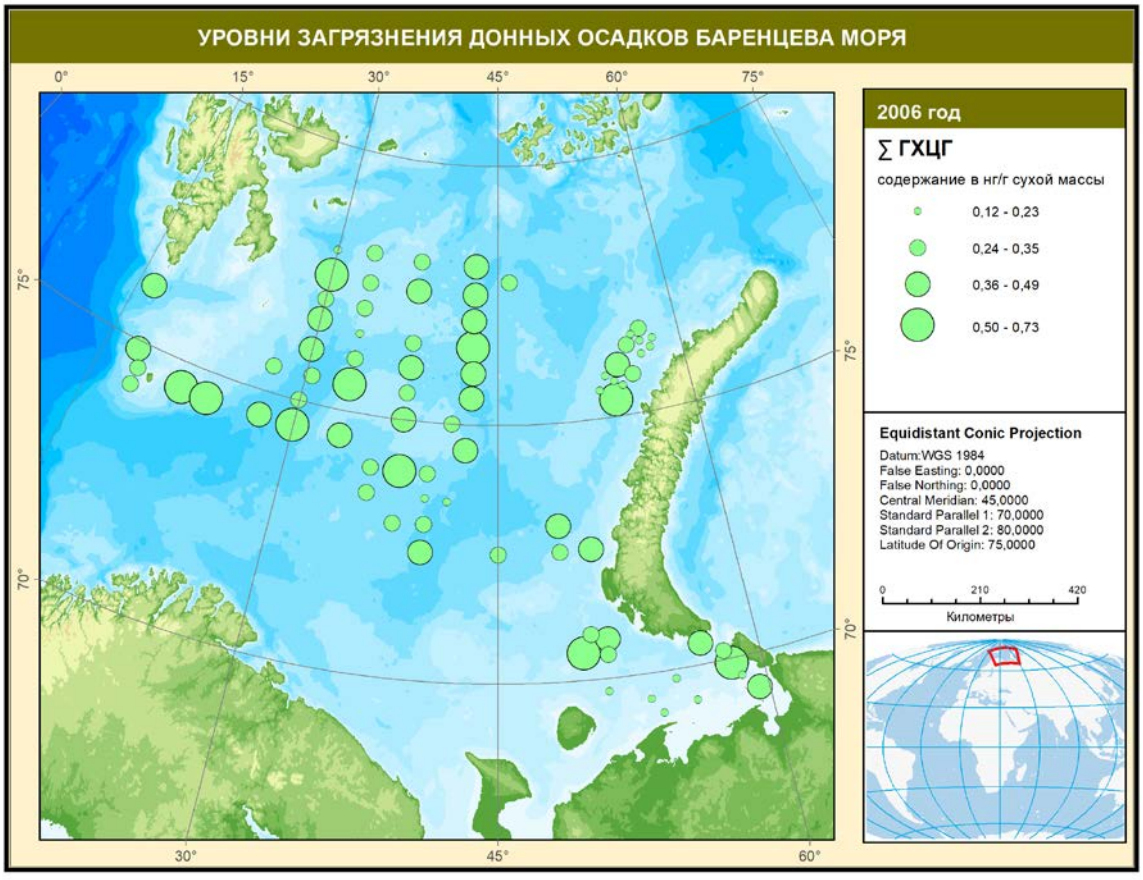
За содержание ГХЦГ в донных отложениях Баренцева моря, отображенное на картах атласа, принимали сумму изомеров (∑ГХЦГ): α-, β- и γ-ГХЦГ.

Ниже приводятся карты содержания суммы ГХЦГ в 2003-2018 гг.


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2003 год
∑ ГХЦГ
содержание в нг/г сухой массы
0,10 - 0,37
0,38 - 0,80
0,81 - 2,25
2,26 - 3,59
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

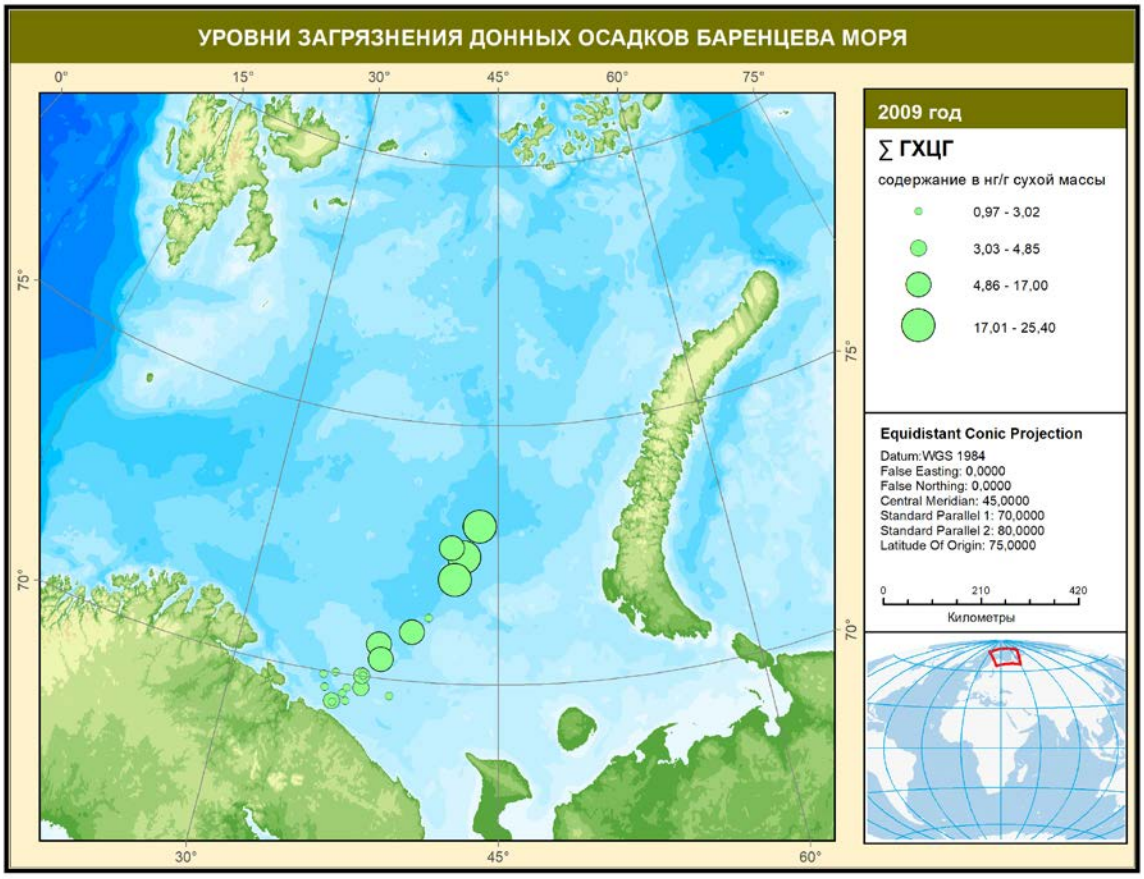

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2004 год
∑ ГХЦГ
содержание в нг/г сухой массы
0,10 - 0,33
0,34 - 0,71
0,72 - 1,53
1,54 - 2,38
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

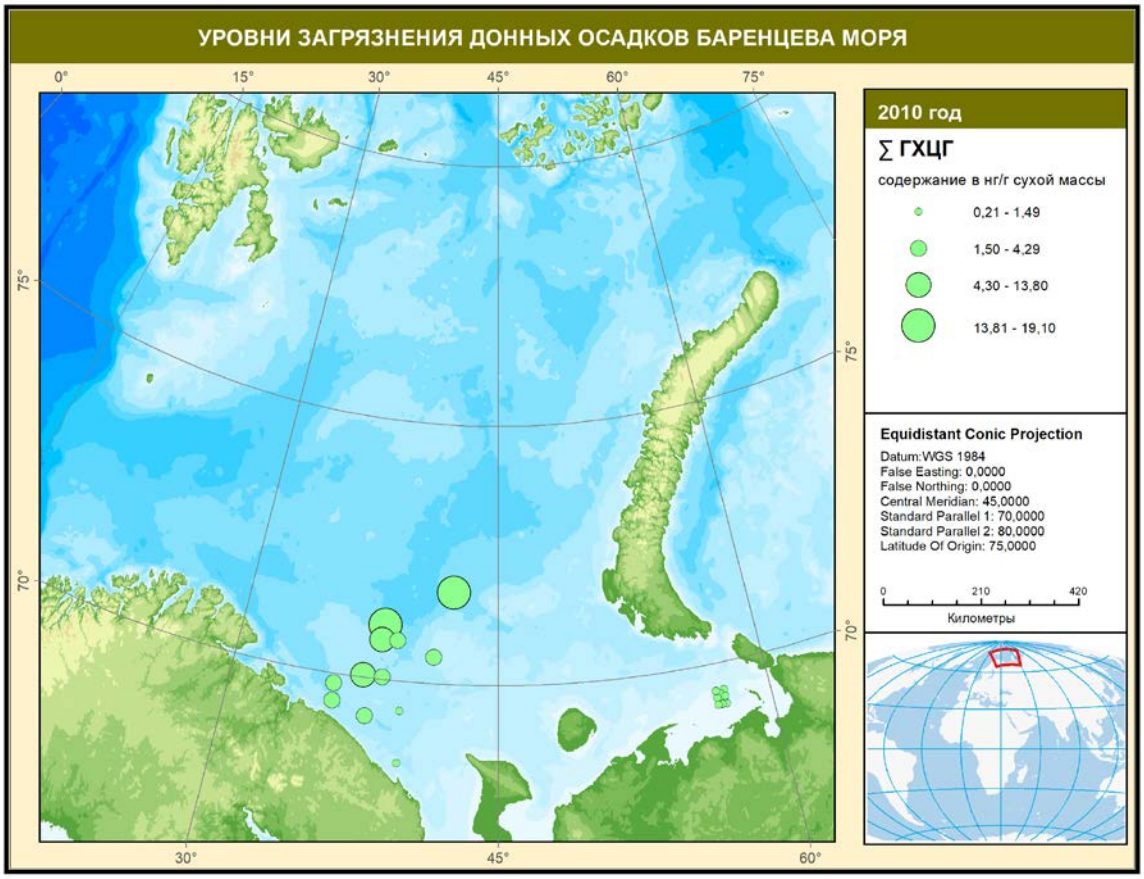

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2005 год
∑ ГХЦГ
содержание в нг/г сухой массы
0,27 - 0,44
0,45 - 0,97
0,98 - 1,46
1,47 - 2,26
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

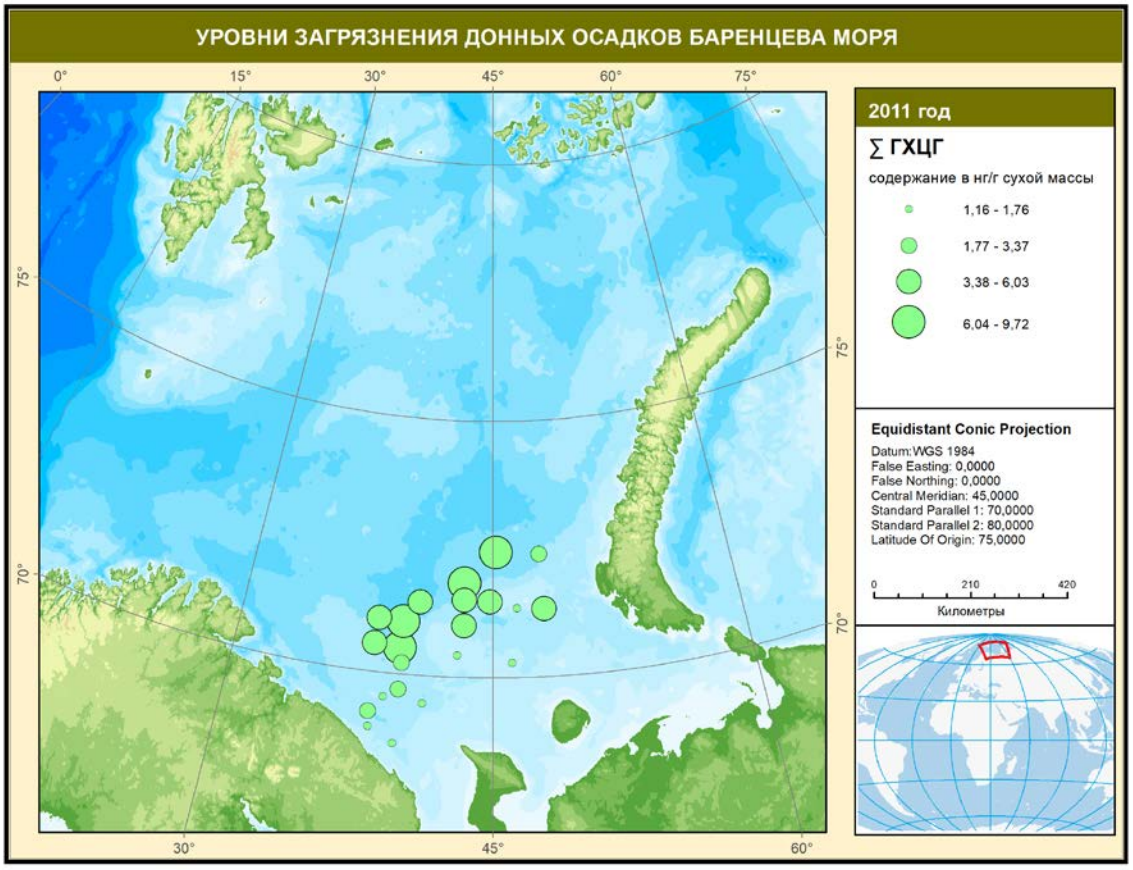

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2006 год
∑ ГХЦГ
содержание в нг/г сухой массы
0,12 - 0,23
0,24 - 0,35
0,36 - 0,49
0,50 - 0,73
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

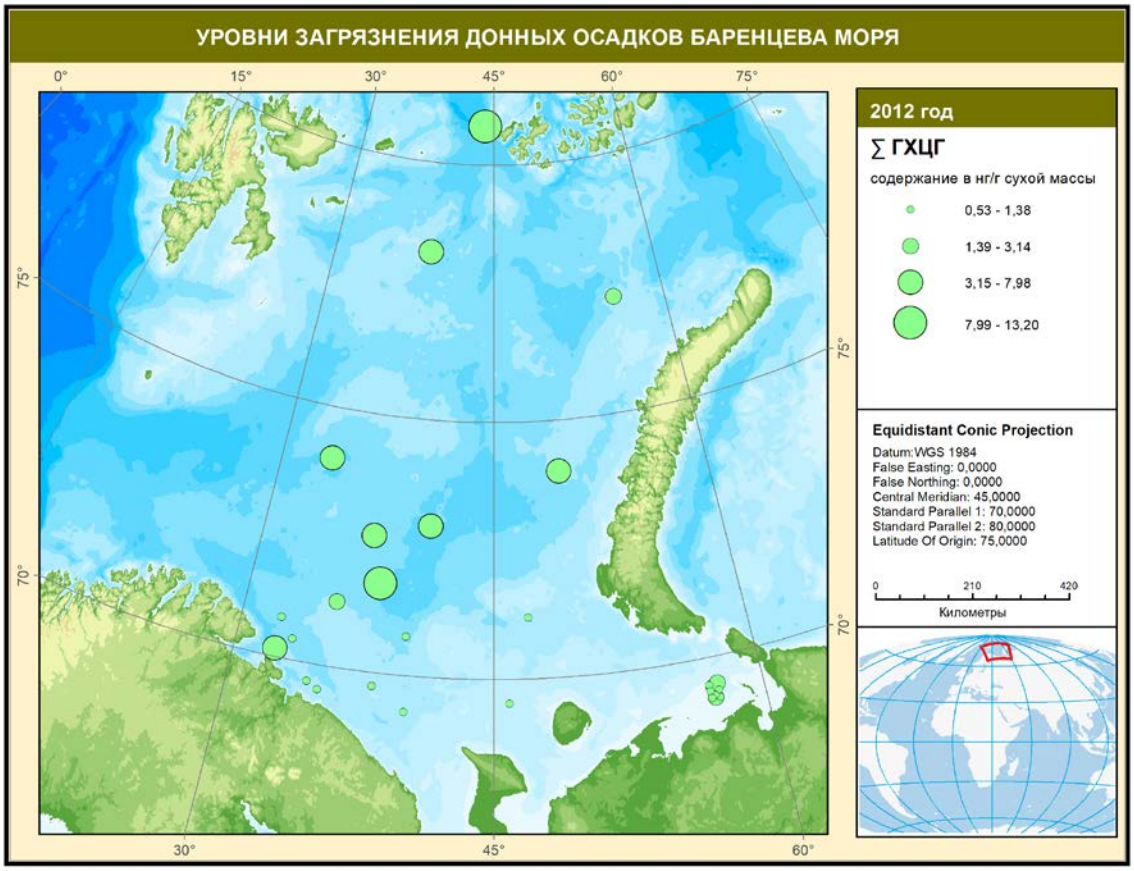
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
п-ов Рыбачий
Мотовский залив
2007 год
∑ ГХЦГ
содержание в нг/г сухой массы
0,31
0,40
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

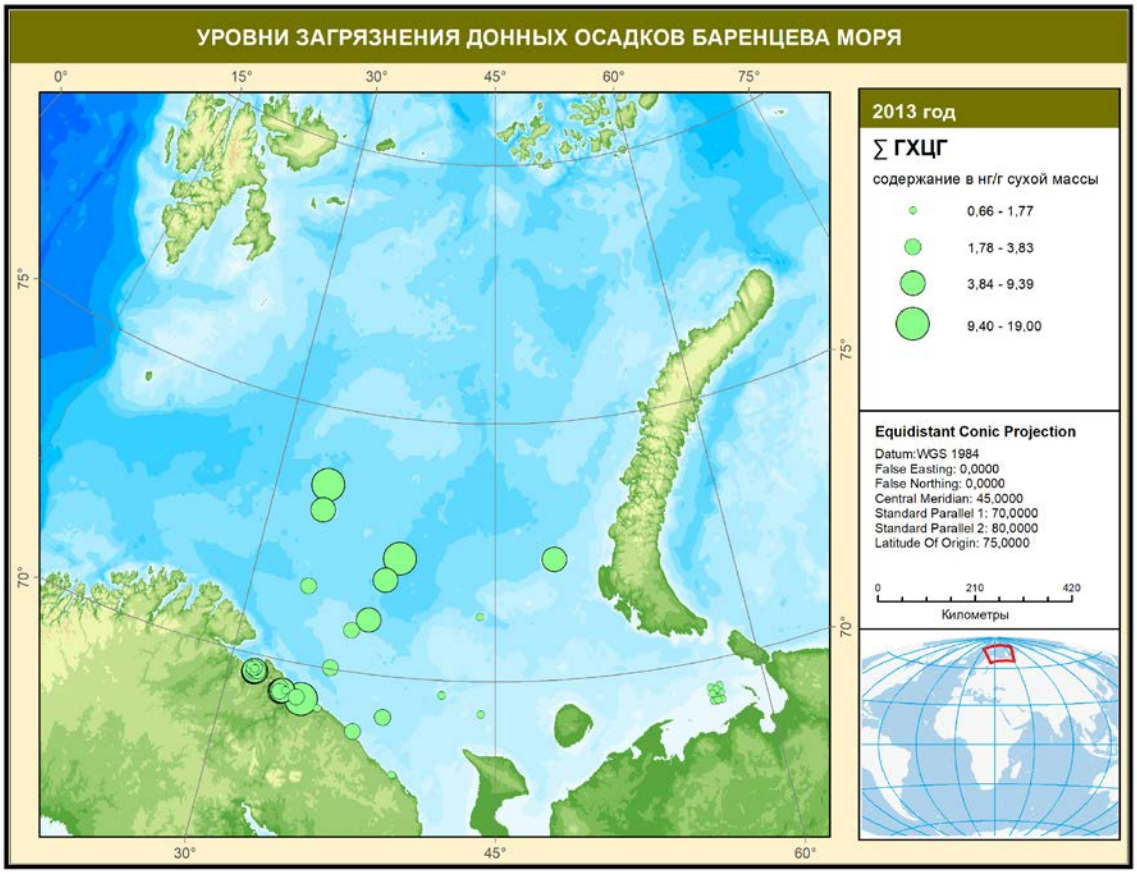
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2008 год
∑ ГХЦГ
содержание в нг/г сухой массы
0,26 - 0,29
0,30 - 0,44
0,45 - 0,57
0,58 - 0,69
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

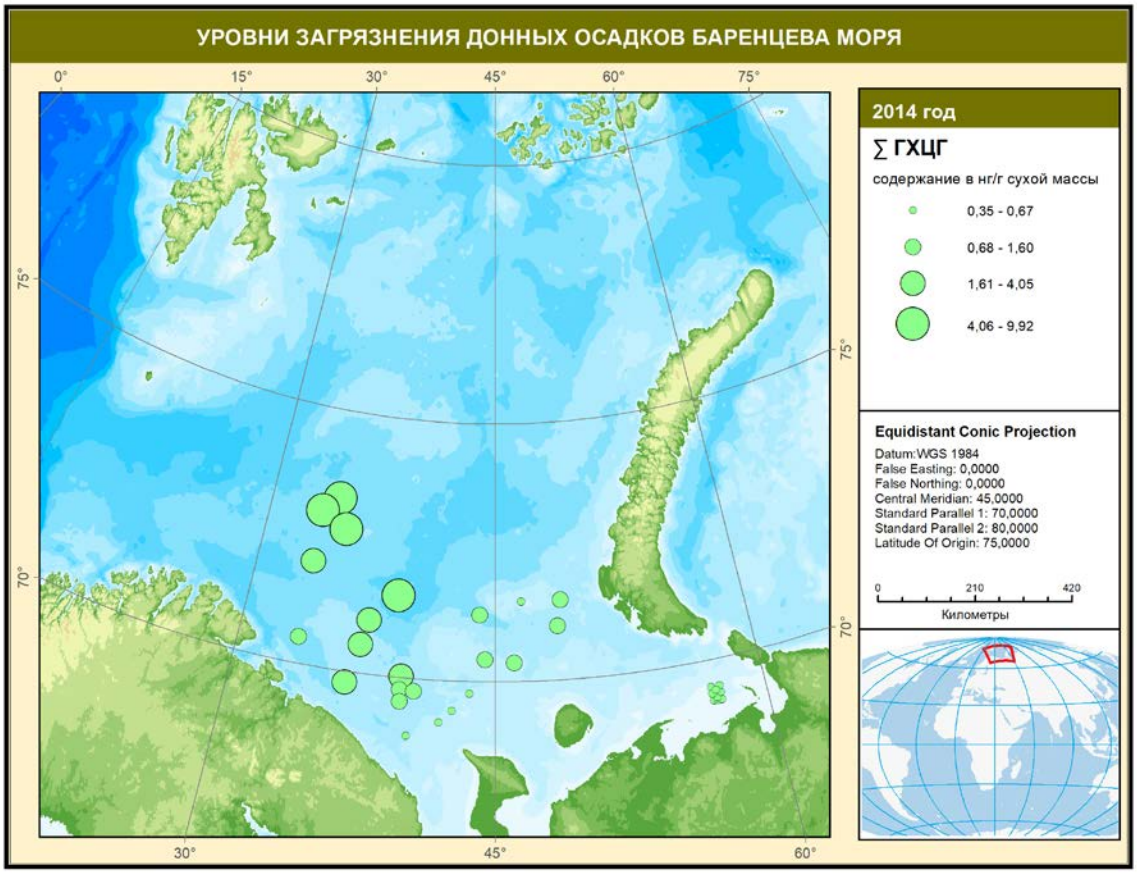

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2009 год
∑ ГХЦГ
содержание в нг/г сухой массы
0,97 - 3,02
3,03 - 4,85
4,86 - 17,00
17,01 - 25,40
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

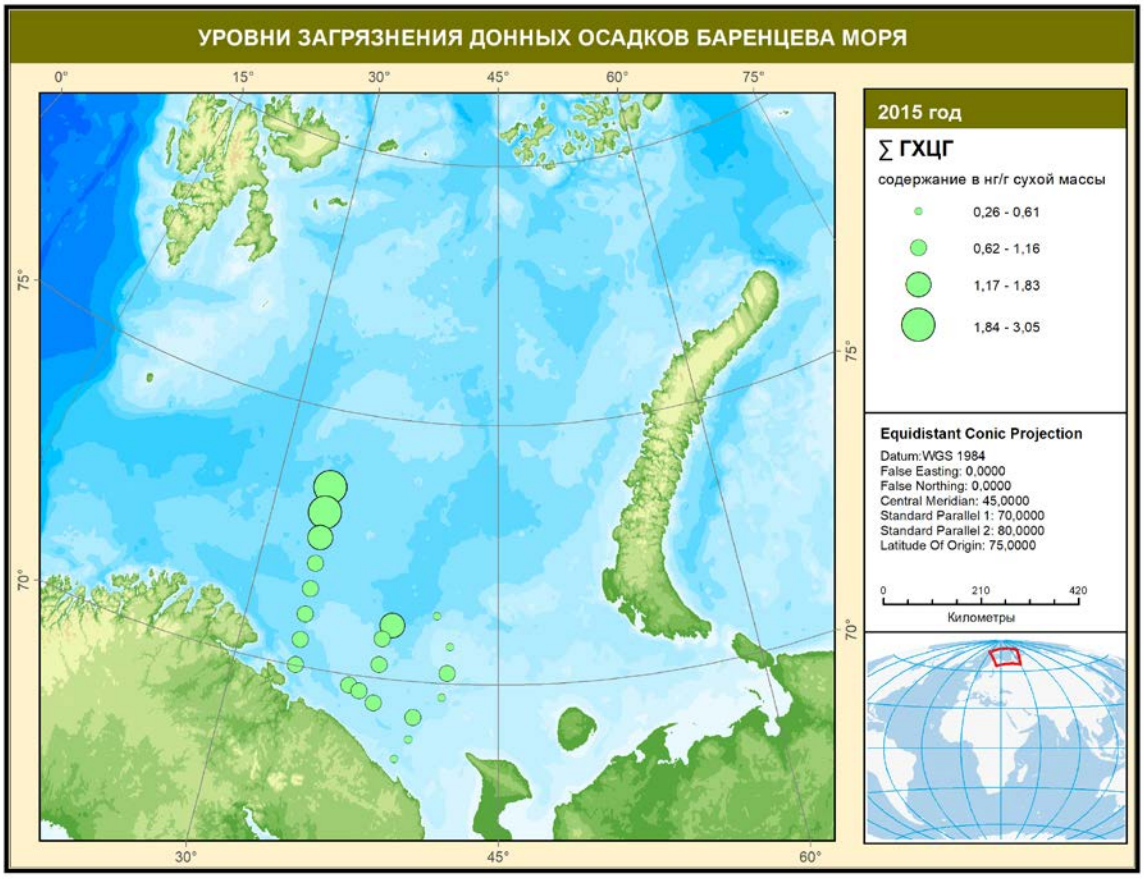

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2010 год
∑ ГХЦГ
содержание в нг/г сухой массы
0,21 - 1,49
1,50 - 4,29
4,30 - 13,80
13,81 - 19,10
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

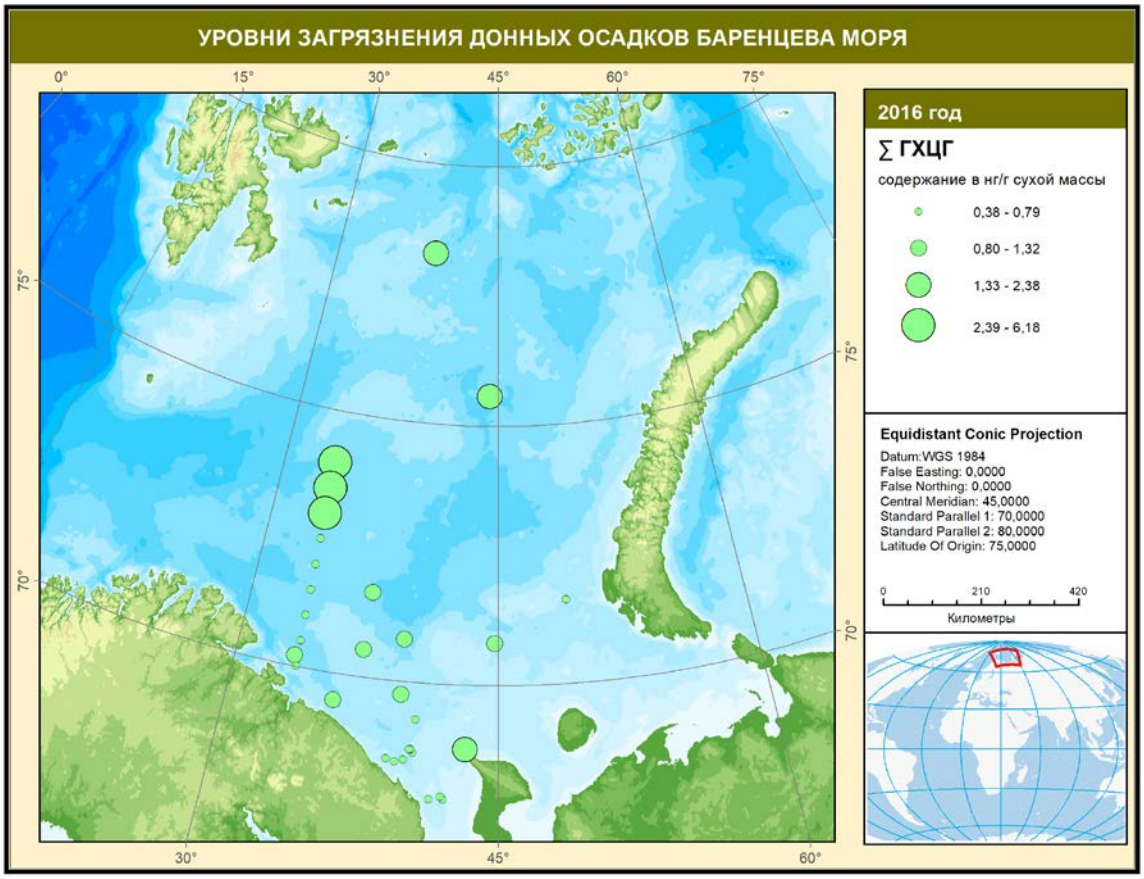

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2011 год
∑ ГХЦГ
содержание в нг/г сухой массы
1,16 - 1,76
1,77 - 3,37
3,38 - 6,03
6,04 - 9,72
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

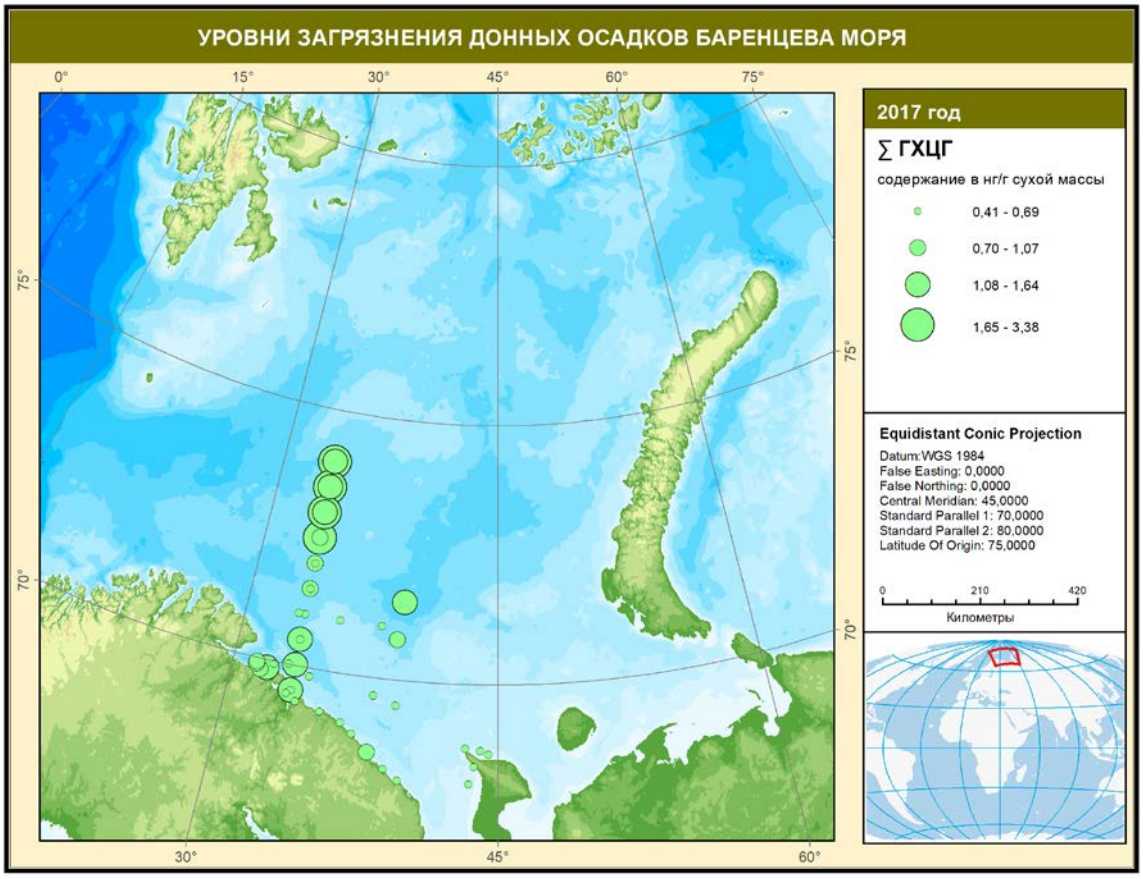

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2012 год
∑ ГХЦГ
содержание в нг/г сухой массы
0,53 - 1,38
1,39 - 3,14
3,15 - 7,98
7,99 - 13,20
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

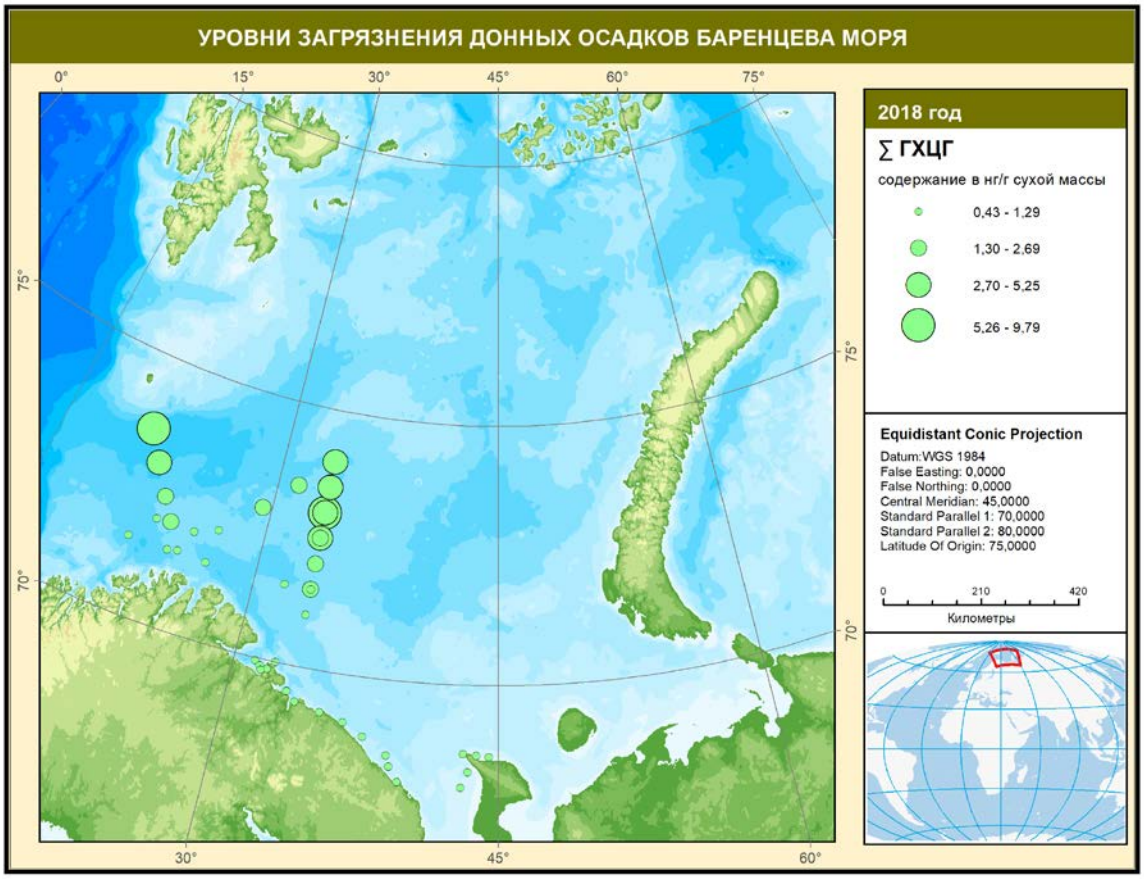

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2013 год
∑ ГХЦГ
содержание в нг/г сухой массы
0,66 - 1,77
1,78 - 3,83
3,84 - 9,39
9,40 - 19,00
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2014 год
∑ ГХЦГ
содержание в нг/г сухой массы
0,35 - 0,67
0,68 - 1,60
1,61 - 4,05
4,06 - 9,92
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2015 год
∑ ГХЦГ
содержание в нг/г сухой массы
0,26 - 0,61
0,62 - 1,16
1,17 - 1,83
1,84 - 3,05
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2016 год
∑ ГХЦГ
содержание в нг/г сухой массы
0,38 - 0,79
0,80 - 1,32
1,33 - 2,38
2,39 - 6,18
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2017 год
∑ ГХЦГ
содержание в нг/г сухой массы
0,41 - 0,69
0,70 - 1,07
1,08 - 1,64
1,65 - 3,38
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2018 год
∑ ГХЦГ
содержание в нг/г сухой массы
0,43 - 1,29
1,30 - 2,69
2,70 - 5,25
5,26 - 9,79
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

Хлорданы

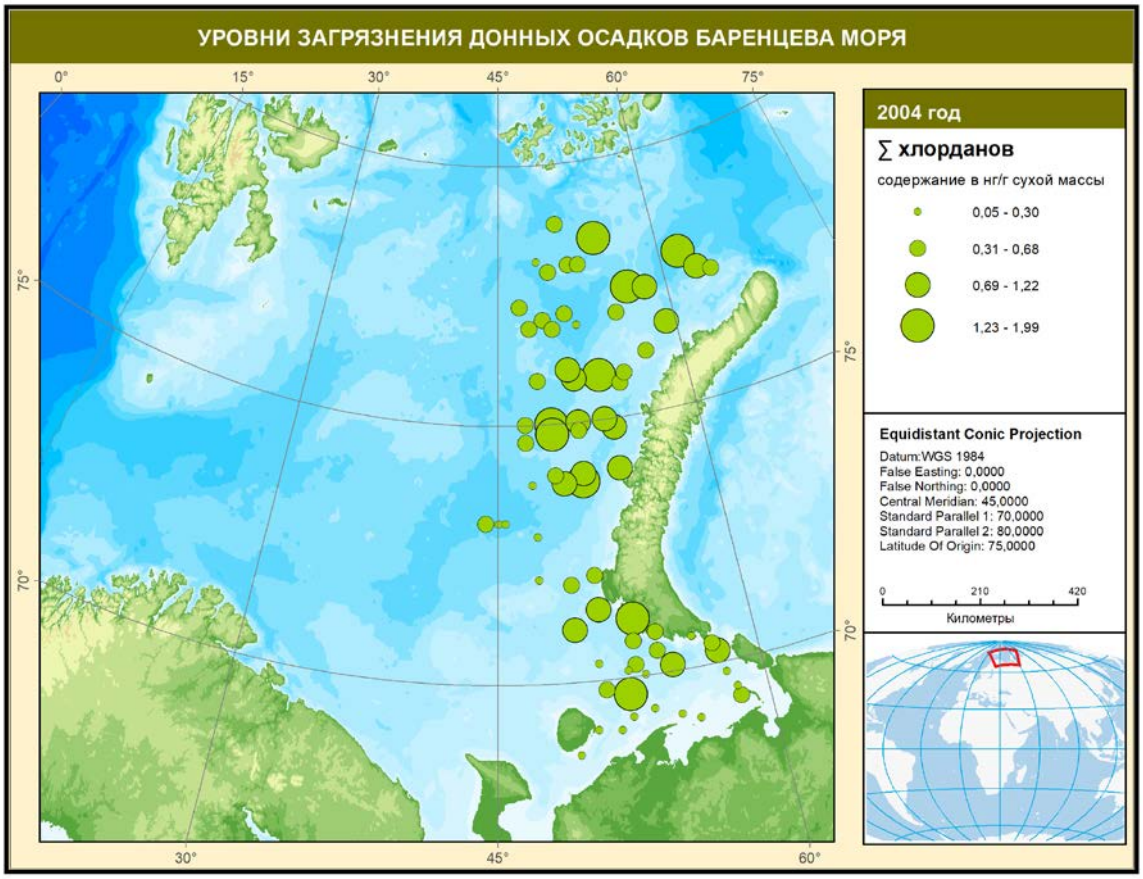
Хлордан относится к группе ХОП, которые являются токсикантами глобального распространения, не имеющими природных аналогов. Хлордан создавался в качестве контактного и кишечного инсектицида широкого спектра действия и как протравитель (Вредные вещества в промышленности, 1976). Широко использовался для защиты от насекомых-вредителей картофеля, технических и зерновых культур, овощей и фруктов, газонов и садовых насаждений, а также для борьбы с термитами (ATSDR, 1994).

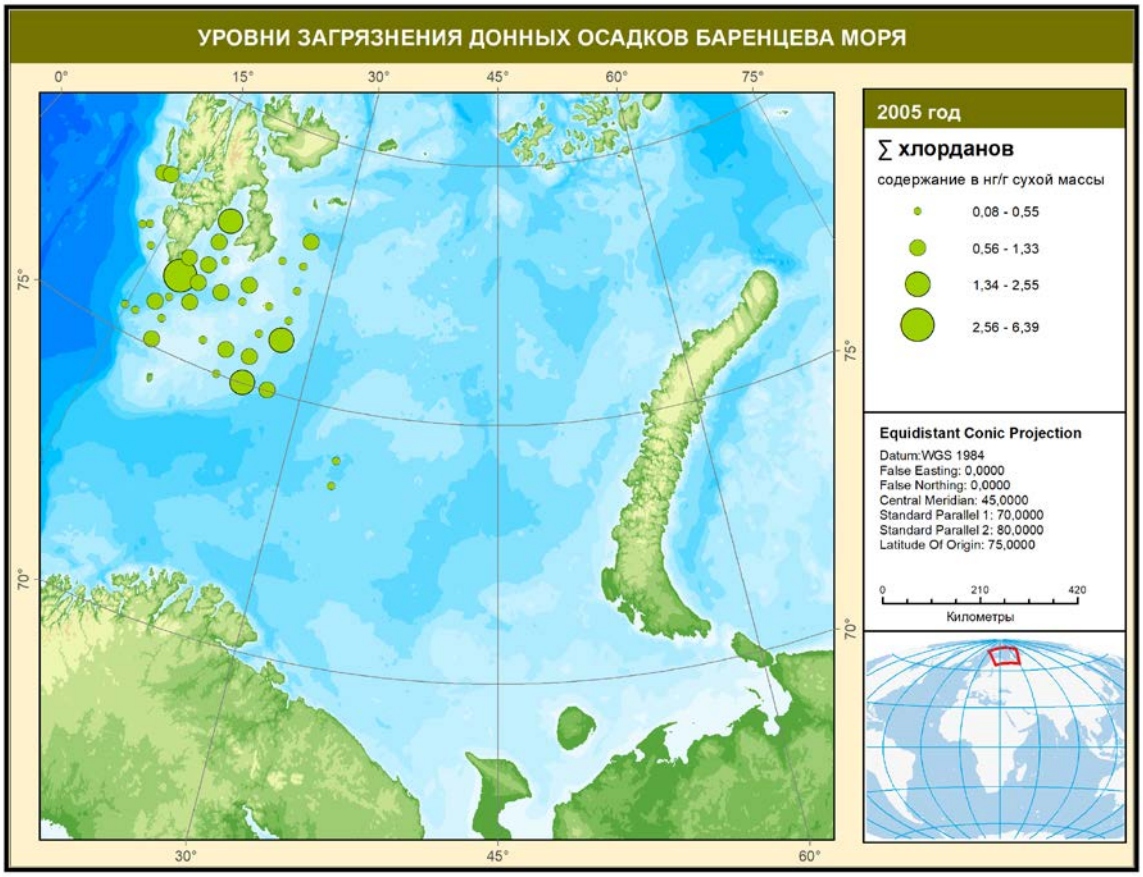
Хлордан как разновидность инсектицидов циклодиенового ряда, применяемых главным образом для борьбы с термитами, ни в Советском Союзе, ни в России по своему основному назначению не использовался, так как был запрещен. По решению Стокгольмской конвенции 2001 г. имеет место глобальный запрет на его производство, применение и реализацию, однако несмотря на запрет хлордан до сих пор используется в некоторых странах – например, в Китае он применяется для уничтожения термитов при строительстве зданий и плотин. Будучи весьма устойчивым в окружающей среде, может переноситься атмосферными потоками на дальние расстояния (Мельников, 1974; Диагностический анализ состояния…, 2011). Несмотря на фактическое отсутствие производства и применения хлордана, остаточные его количества по-прежнему поступают в атмосферу из почв. Так, хлордан и его метаболит гептахлорэпоксид обнаруживались в Арктике в середине 1990-х годов (Диагностический анализ состояния…, 2011).

Хлордан классифицируется как вещество, относительно которого имеются свидетельства разрушительного влияния на иммунную систему в здоровом организме и возможно канцерогенное воздействие на человека (UNEP (2002), 2003). За содержание хлорданов в донных отложениях Баренцева моря, отображенное на картах атласа, принимали сумму изомеров: *цис*-, *транс*-хлордан; *цис*-, *транс*-нонахлор и оксихлордан.

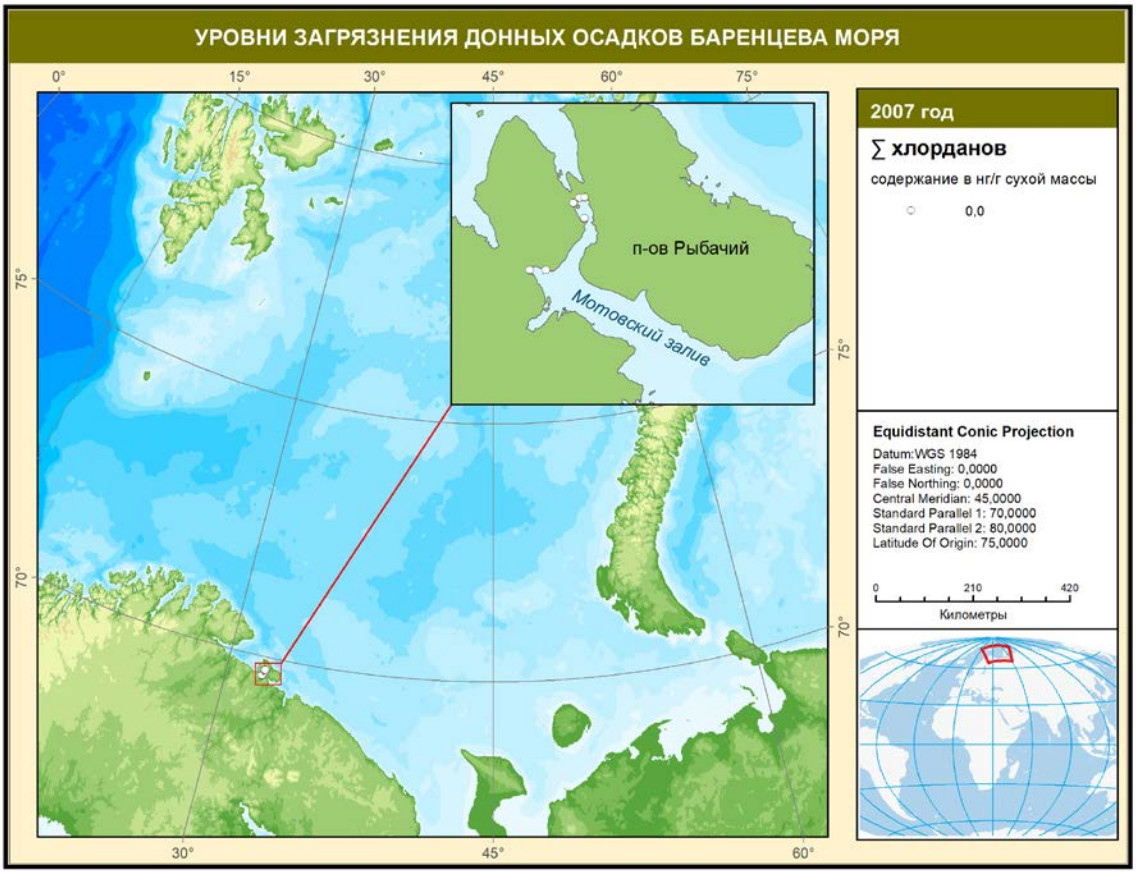
Ниже приводятся карты содержания хлорданов в 2003-2018 гг.

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2003 год
∑ хлорданов
содержание в нг/г сухой массы
0,07 - 0,36
0,37 - 0,83
0,84 - 1,67
1,68 - 3,03
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

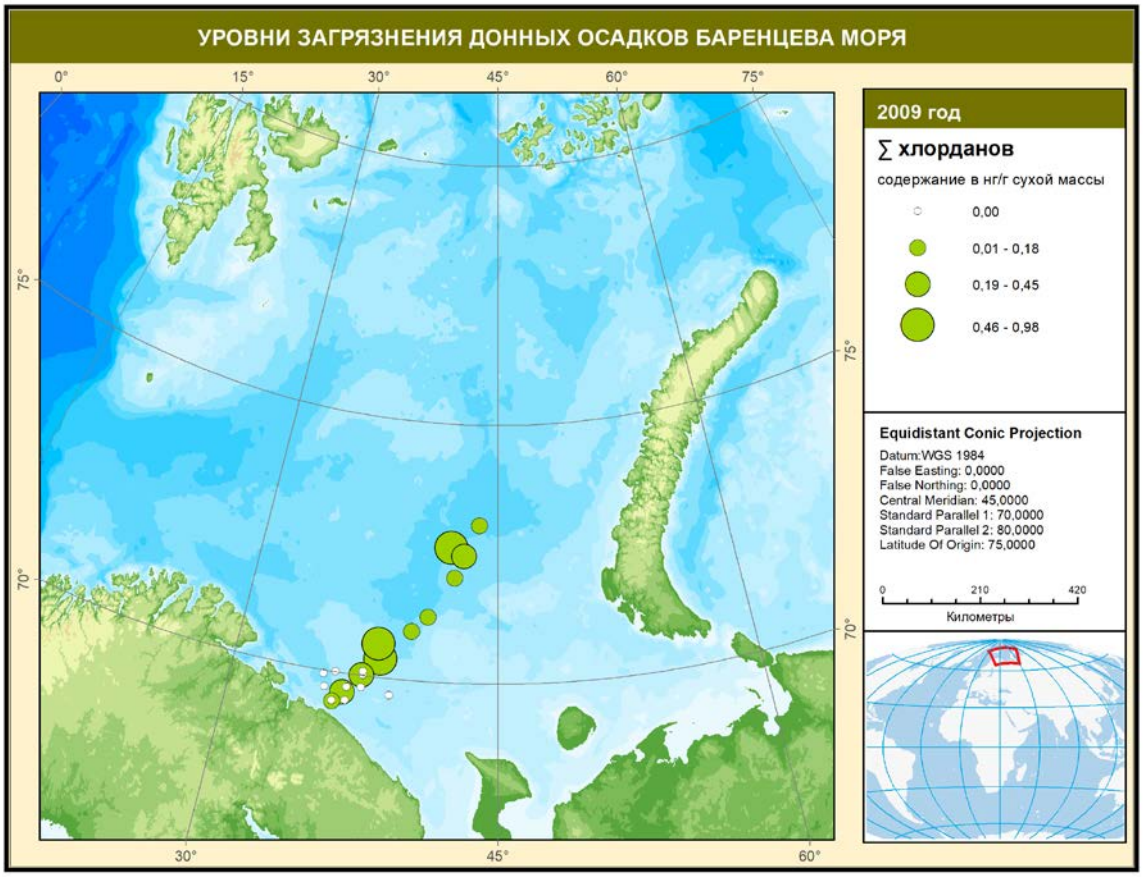

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2004 год
∑ хлорданов
содержание в нг/г сухой массы
0,05 - 0,30
0,31 - 0,68
0,69 - 1,22
1,23 - 1,99
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2005 год
∑ хлорданов
содержание в нг/г сухой массы
0,08 - 0,55
0,56 - 1,33
1,34 - 2,55
2,56 - 6,39
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2006 год
∑ хлорданов
содержание в нг/г сухой массы
0,00
0,01 - 0,12
0,13 - 0,22
0,23 - 0,46
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
п-ов Рыбачий
Мотовский залив
2007 год
∑ хлорданов
содержание в нг/г сухой массы
0,0
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2008 год
∑ хлорданов
содержание в нг/г сухой массы
0,00
0,01 - 0,15
0,16 - 0,25
0,26 - 0,38
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2009 год
∑ хлорданов
содержание в нг/г сухой массы
0,00
0,01 - 0,18
0,19 - 0,45
0,46 - 0,98
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

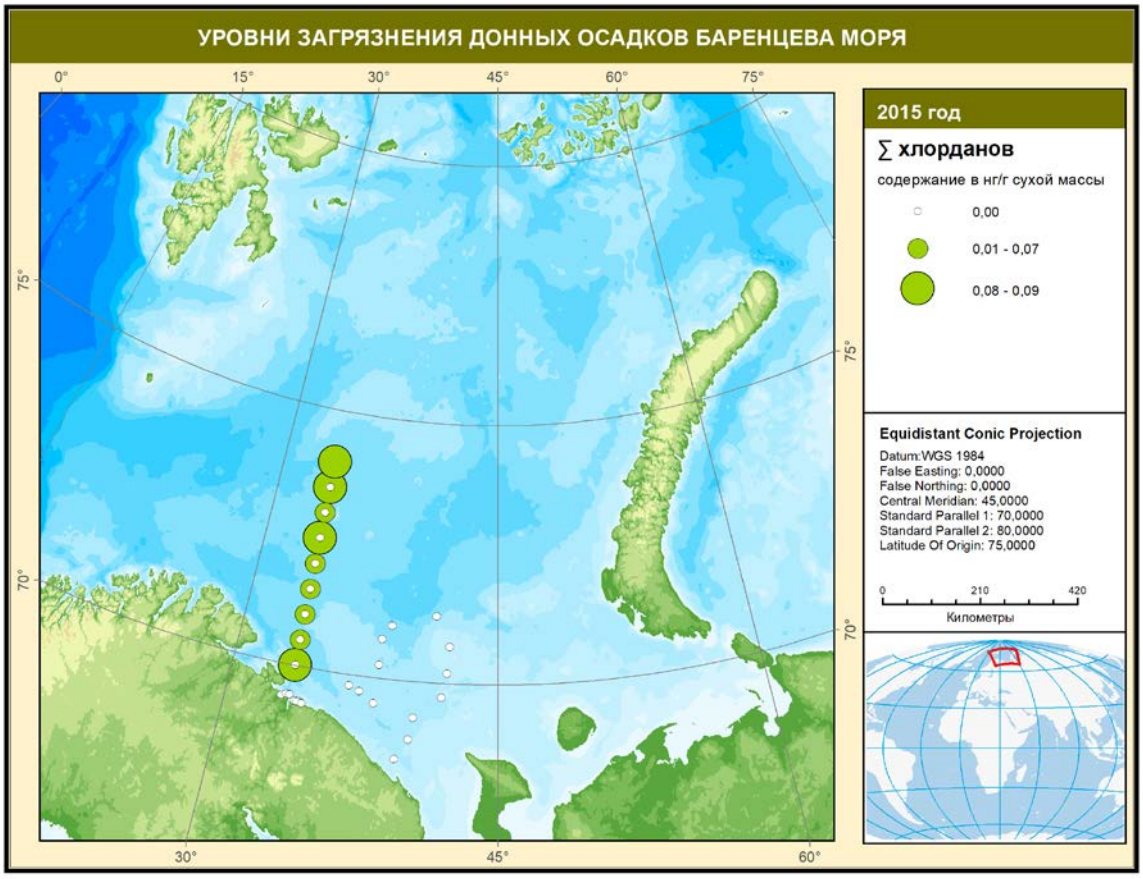
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2010 год
∑ хлорданов
содержание в нг/г сухой массы
0,00
0,01 - 0,05
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

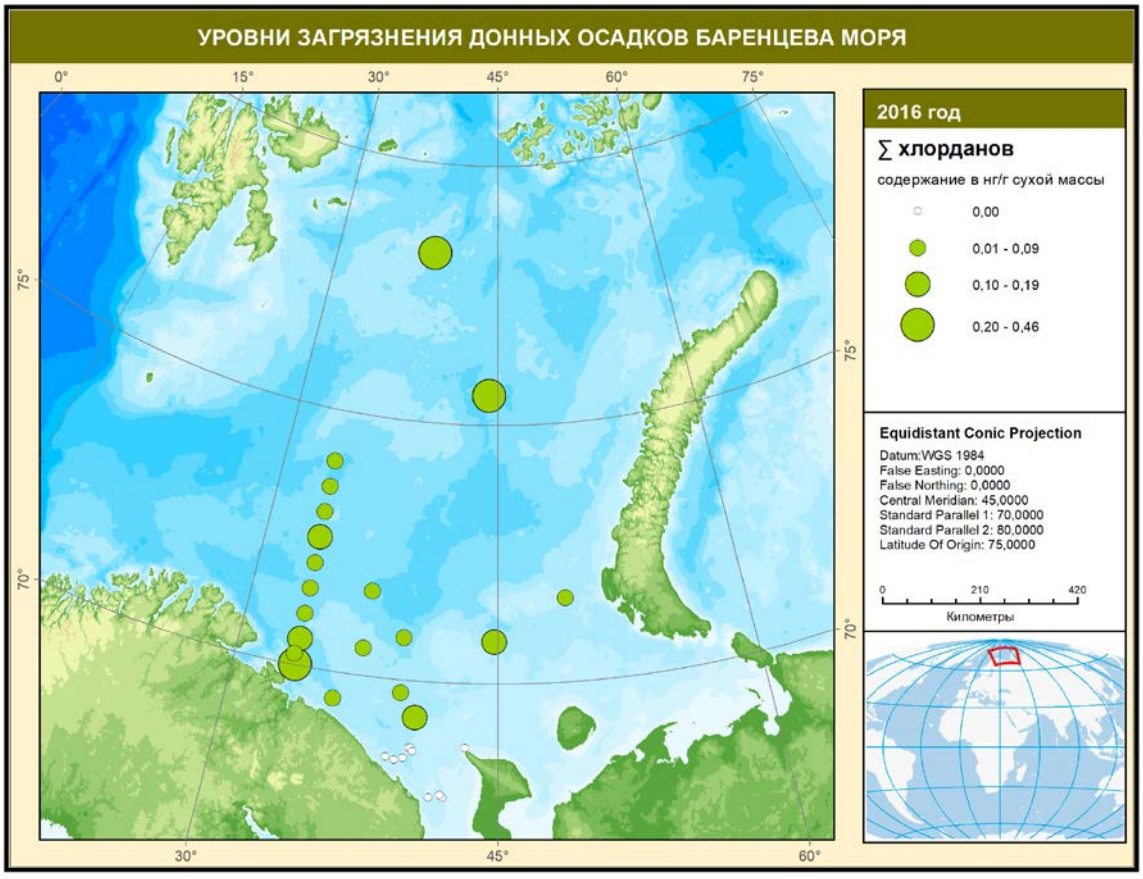
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2011 год
∑ хлорданов
содержание в нг/г сухой массы
0,00
0,01 - 0,09
0,10 - 0,23
0,24 - 0,45
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2012 год
∑ хлорданов
содержание в нг/г сухой массы
0,00
0,01 - 0,06
0,07 - 0,10
0,11 - 0,17
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

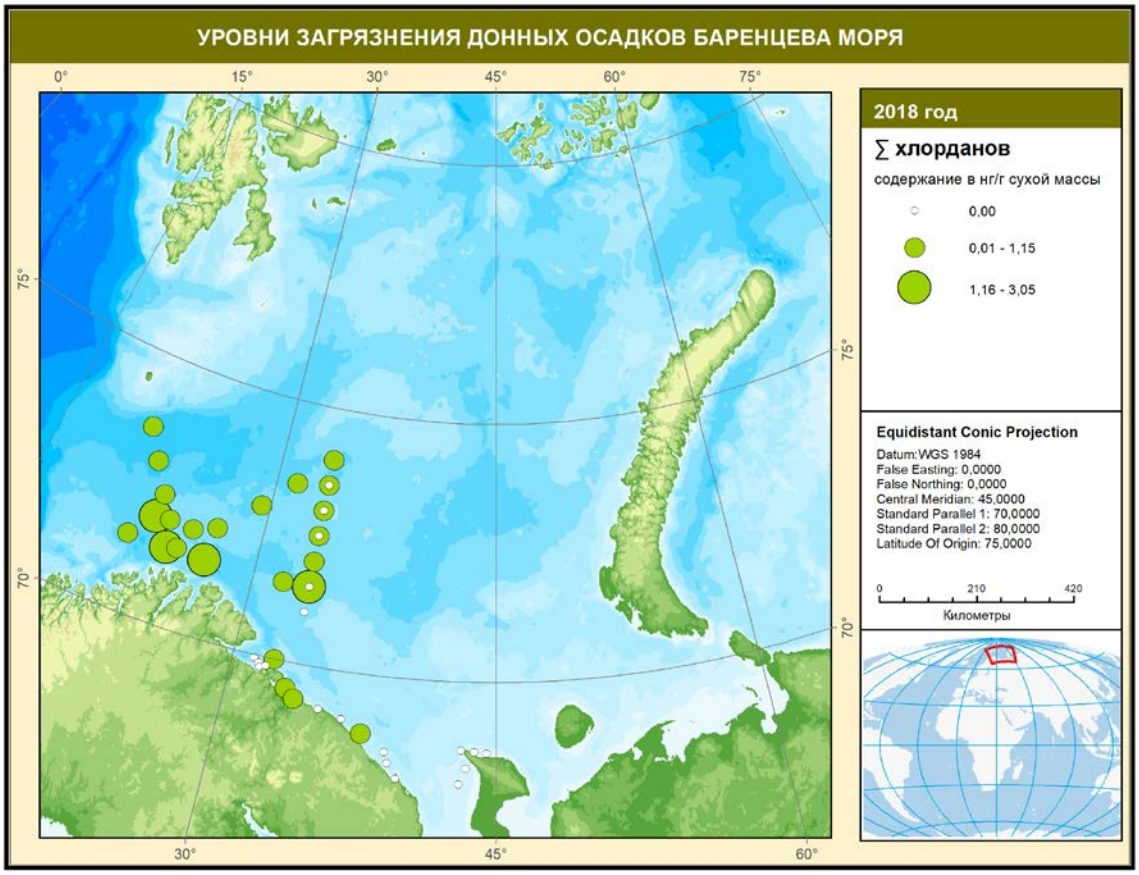
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2013 год
∑ хлорданов
содержание в нг/г сухой массы
0,00
0,01 - 0,20
0,21 - 0,44
0,45 - 0,75
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2014 год
∑ хлорданов
содержание в нг/г сухой массы
0,00
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2015 год
∑ хлорданов
содержание в нг/г сухой массы
0,00
0,01 - 0,07
0,08 - 0,09
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2016 год
∑ хлорданов
содержание в нг/г сухой массы
0,00
0,01 - 0,09
0,10 - 0,19
0,20 - 0,46
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2017 год
∑ хлорданов
содержание в нг/г сухой массы
0,00
0,01 - 0,21
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2018 год
∑ хлорданов
содержание в нг/г сухой массы
0,00
0,01 - 1,15
1,16 - 3,05
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

ПХБ

Полихлорбифенилы (ПХБ) представляют собой синтетические ароматические соединения. Теоретически возможно существование 209 различных родственных соединений – конгенеров; 130 из них уже идентифицированы в промышленных продуктах. ПХБ, как и другие хлорированные углеводороды, относятся к группе неприродных компонентов среды (ксенобиотикам). Природных источников поступления ПХБ в Мировой океан нет, их присутствие обусловлено хозяйственной деятельностью человека. Они широко используются в трансформаторах и крупных конденсаторах в качестве диэлектриков, в гидравлических системах и системах теплопередачи, рецептуре трансформаторных, смазочных и охлаждающих масел, пестицидов, а также как пластификаторы в красителях, копировальной бумаге, клее, замазках и пластических массах (Занавескин, Аверьянов, 1998; Израэль, Цыбань, 2009). ПХБ очень устойчивы в окружающей среде и имеют период полураспада на открытом воздухе от 10 до 100 лет, т.е. значительно больше, чем ДДТ (Другов, Родин, 2012).

Загрязнение ПХБ через атмосферу и гидросферу имеет глобальный характер, а Мировой океан играет роль «конечного резервуара» для этих соединений. ПХБ характеризуются химическим и биологическим постоянством в морской среде и имеют высокий потенциал биоаккумуляции, поэтому относятся к наиболее опасным химическим веществам – суперэкотоксикантам (Израэль, Цыбань, 2009).

Среди стойких органических загрязнителей ПХБ являются одними из самых распространенных. Они массово производились и использовались начиная с 1929 г. С тех пор и до прекращения их промышленного выпуска в 1986 г. в мире было произведено около 2 млн т ПХБ. По решению Стокгольмской конвенции 2001 г. существует глобальный запрет на производство и применение ПХБ. Характер и динамика распределения ПХБ в окружающей среде во многом определяются их физическими свойствами, такими как химическая инертность, достаточно высокая плотность паров и способность сорбироваться на частицах. Несмотря на постепенное сокращение применения ПХБ в хозяйственной деятельности, они продолжают загрязнять окружающую среду (Клюев, Бродский, 2000). Недавно установлено, что источниками загрязнения ПХБ могут быть морские и речные порты и отслужившие свой срок военные объекты, например, радиолокационные станции, авиационные базы, «кладбища» кораблей и др. (Кольский залив…, 2009; Диагностический анализ состояния…, 2011).

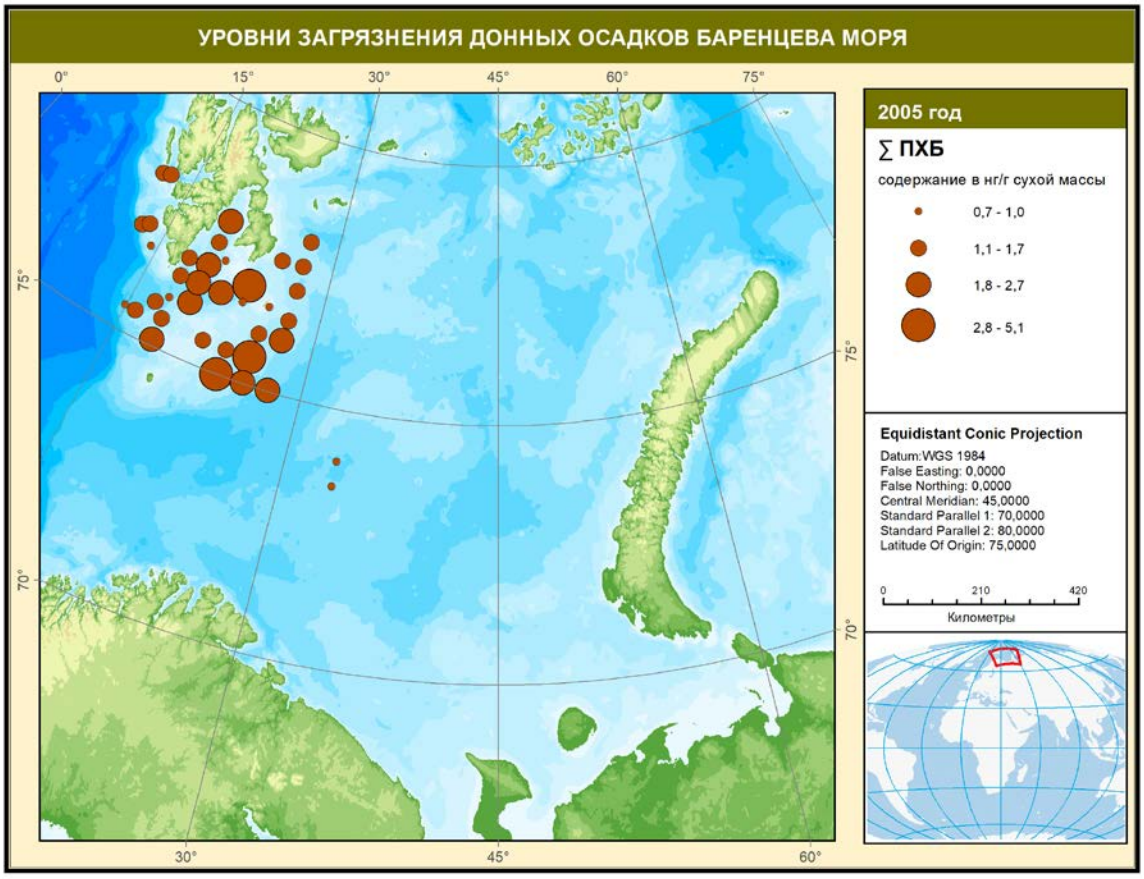
В арктических регионах ПХБ переносятся воздушными потоками из средних широт и интенсивно накапливаются в объектах окружающей среды. Низкие температуры воздуха и поверхности земли в Арктике, снежный покров и отсутствие света продолжительной зимой резко замедляют интенсивность биологической (микробной) деградации и ассимиляции (Диагностический анализ состояния…, 2011).

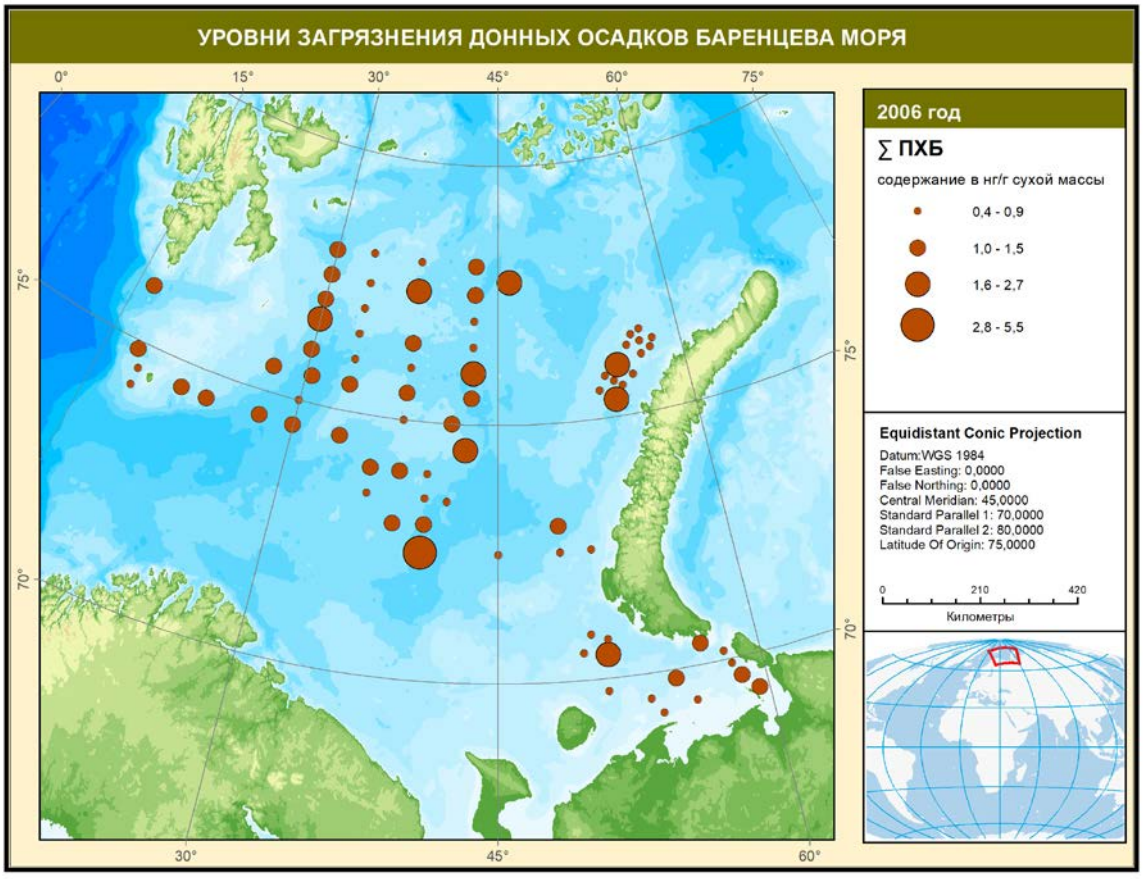
За содержание ПХБ в донных отложениях Баренцева моря, отображенное на картах, принимали сумму концентраций конгенеров (∑ПХБ) с номерами по номенклатуре IUPAC 28, 31, 52, 99, 101, 105, 118, 138, 153, 156, 180.

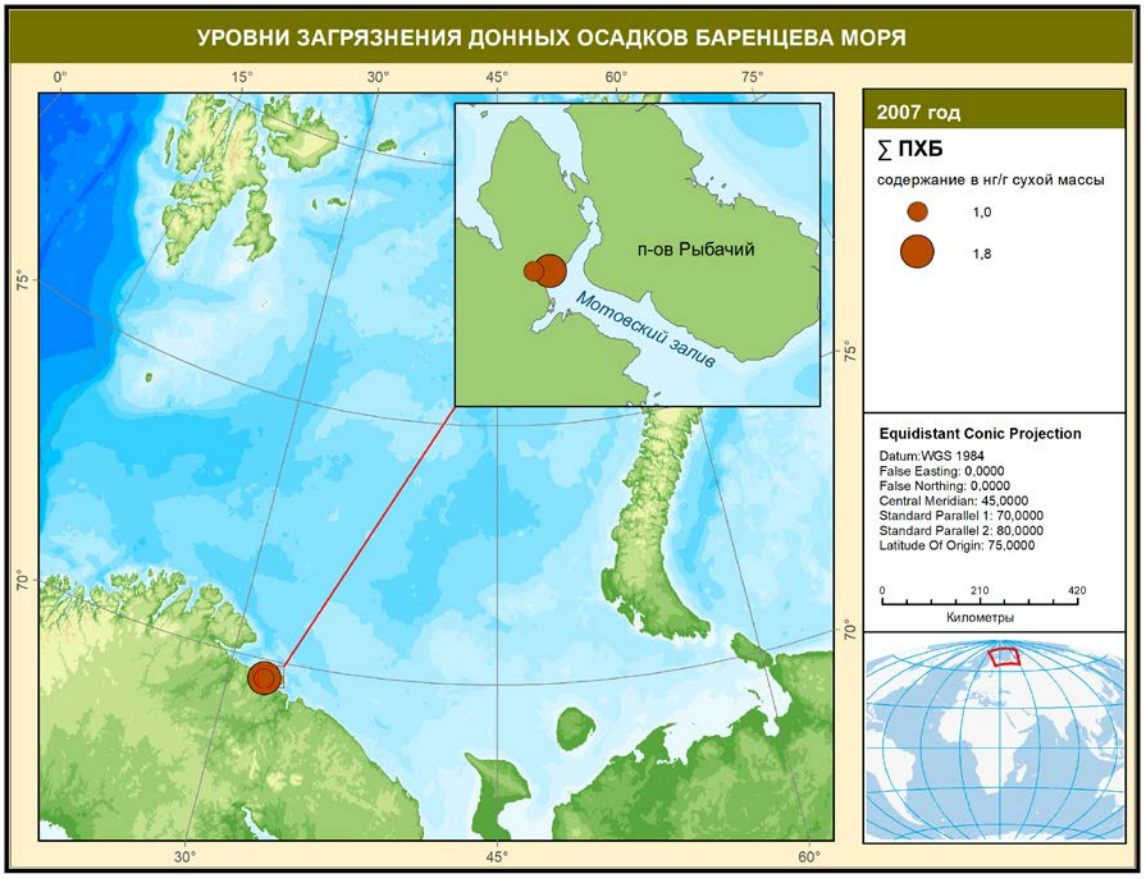
Ниже приводятся карты содержания ПХБ в 2003-2018 гг.

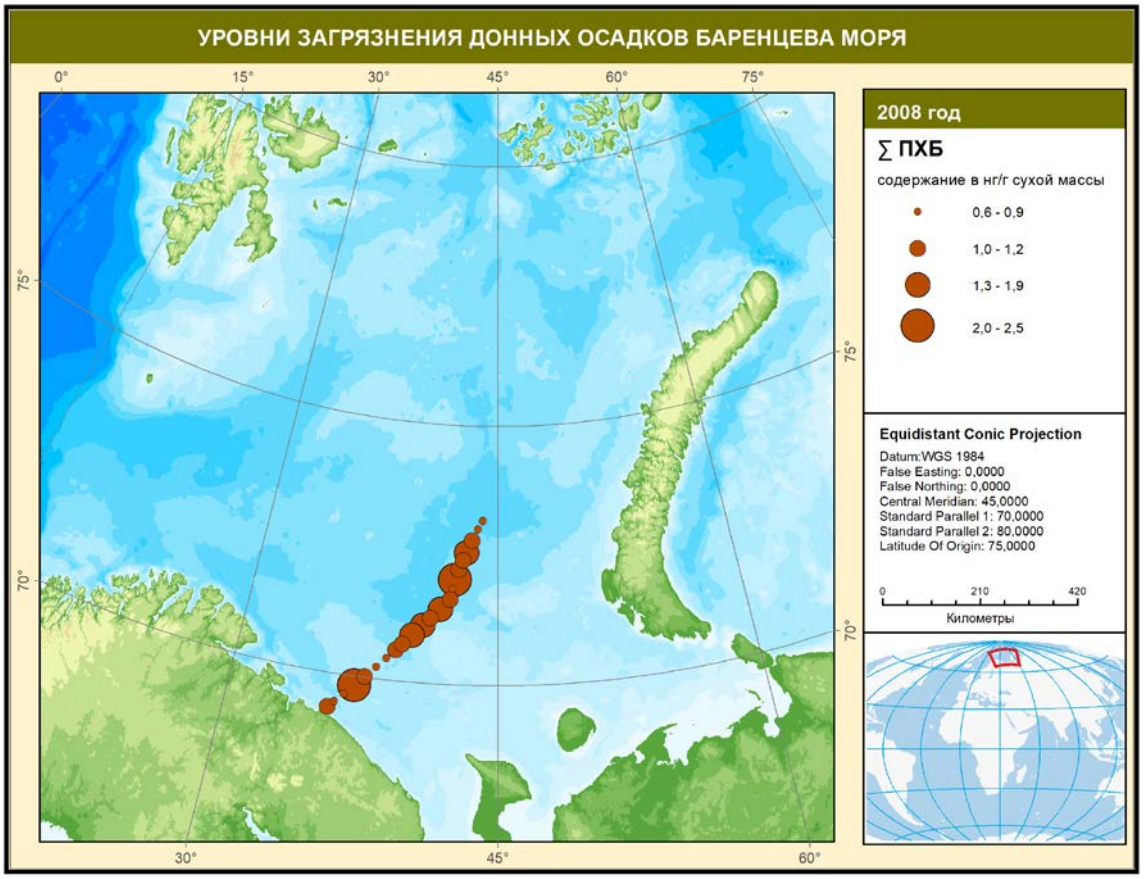
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2003 год
∑ ПХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,41 - 0,78
0,79 - 1,14
1,15 - 2,23
2,24 - 4,23
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2004 год
∑ ПХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,7 - 1,0
1,1 - 1,3
1,4 - 1,8
1,9 - 3,3
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

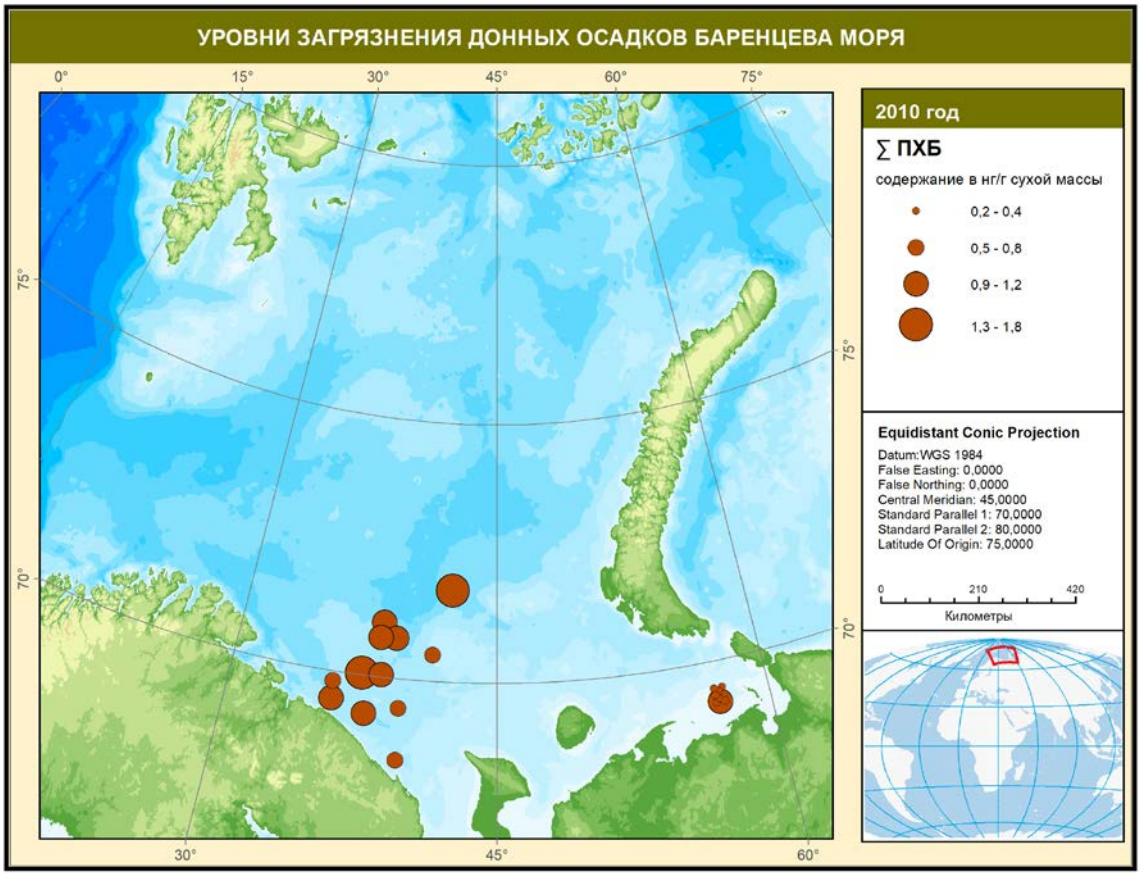

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2005 год
∑ ПХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,7 - 1,0
1,1 - 1,7
1,8 - 2,7
2,8 - 5,1
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

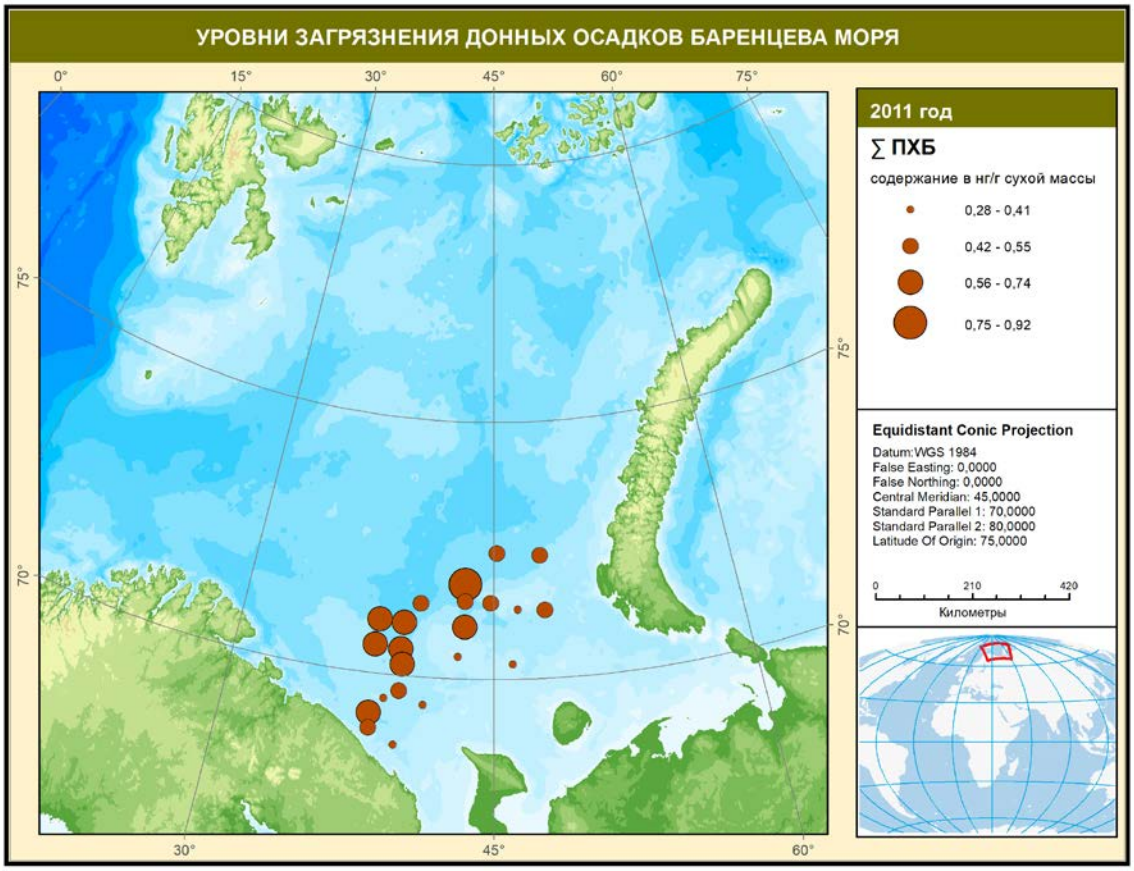

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2006 год
∑ ПХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,4 - 0,9
1,0 - 1,5
1,6 - 2,7
2,8 - 5,5
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

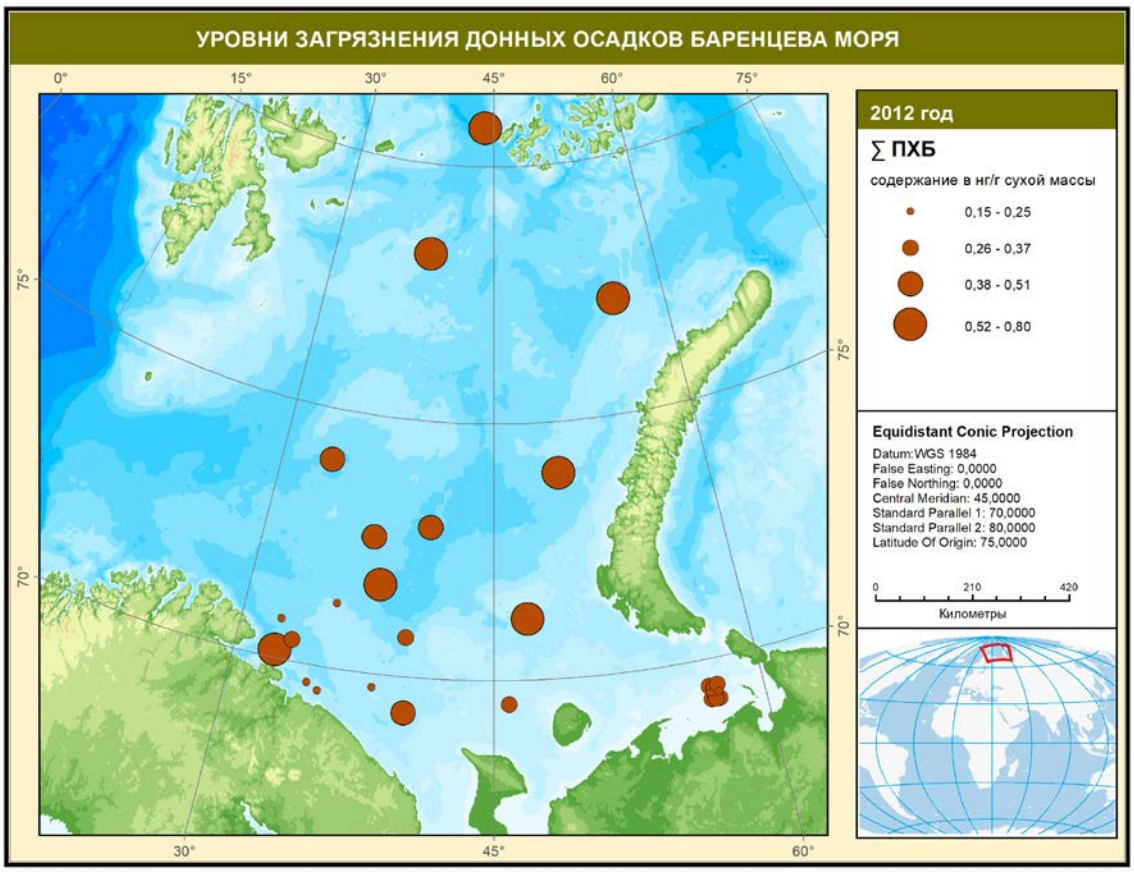

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
п-ов Рыбачий
Мотовский залив
2007 год
∑ ПХБ
содержание в нг/г сухой массы
1,0
1,8
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

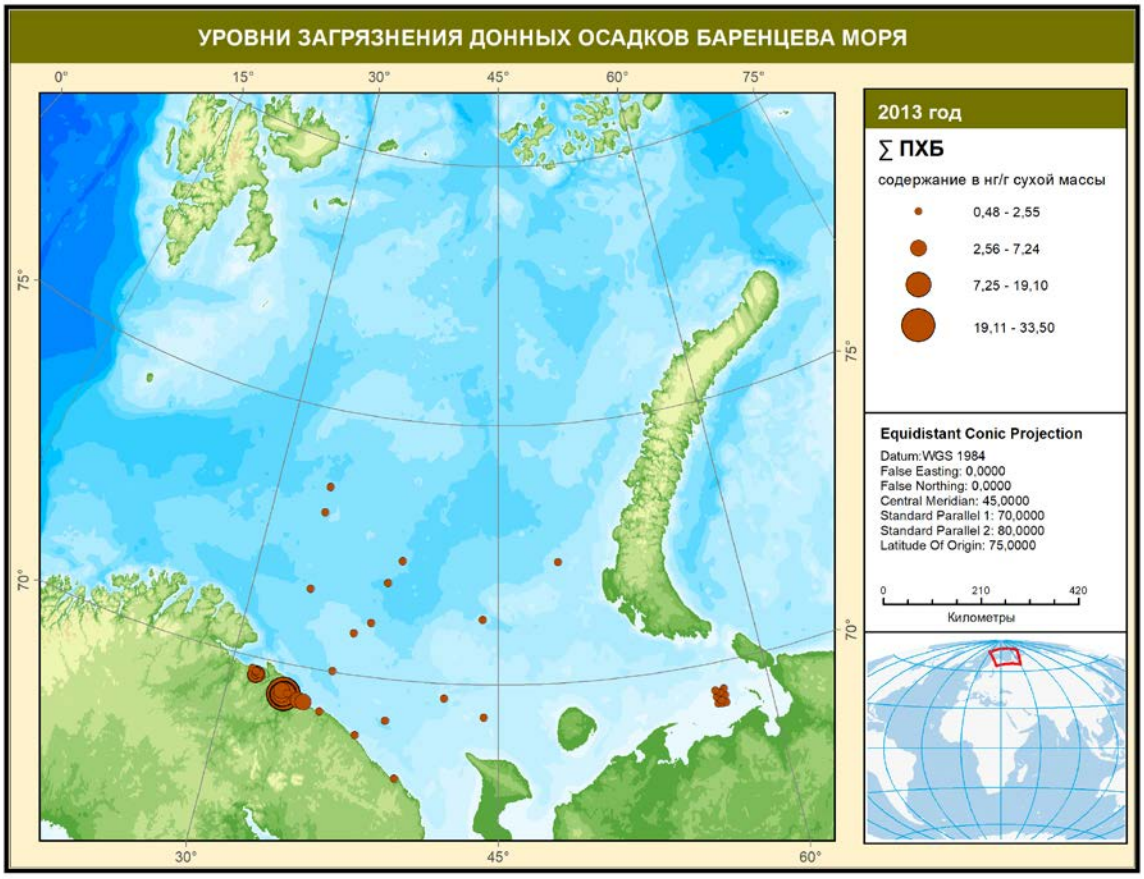

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2008 год
∑ ПХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,6 - 0,9
1,0 - 1,2
1,3 - 1,9
2,0 - 2,5
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

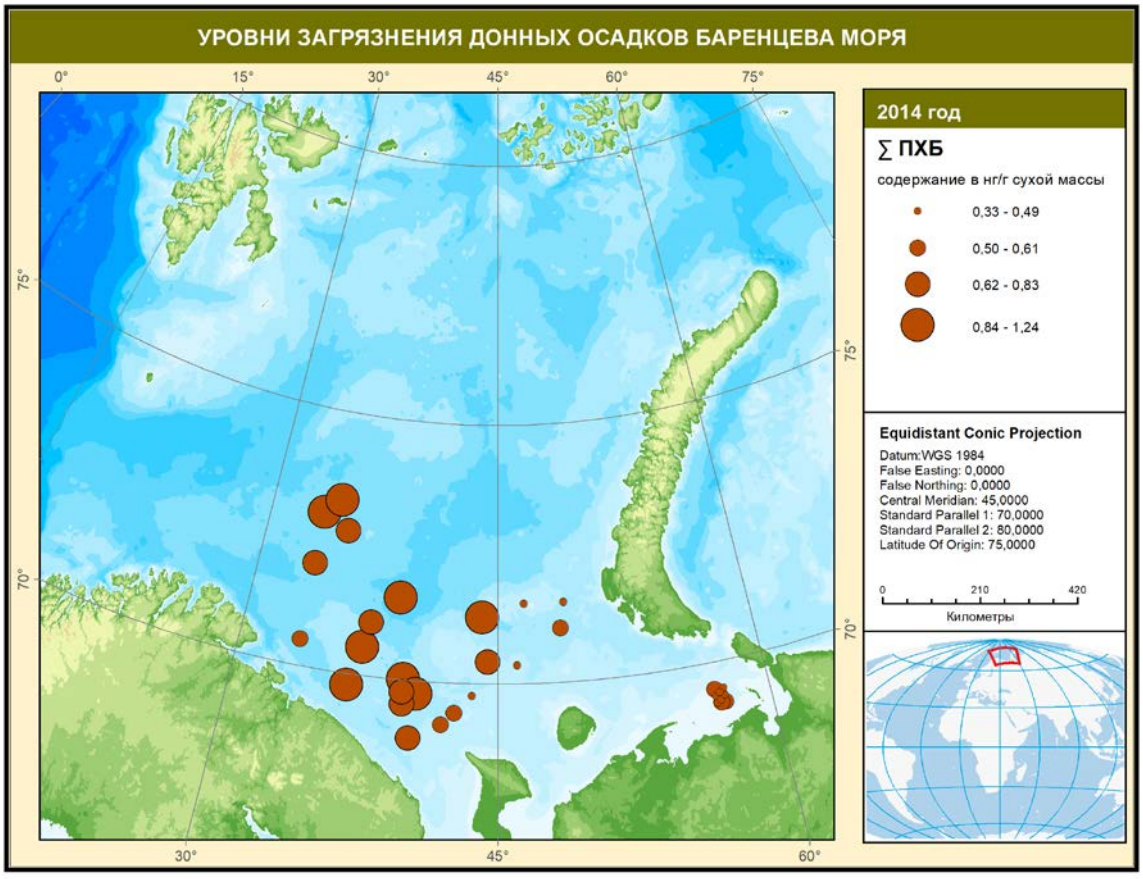
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2009 год
∑ ПХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,5 - 0,7
0,8 - 1,2
1,3 - 1,6
1,7 - 2,1
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

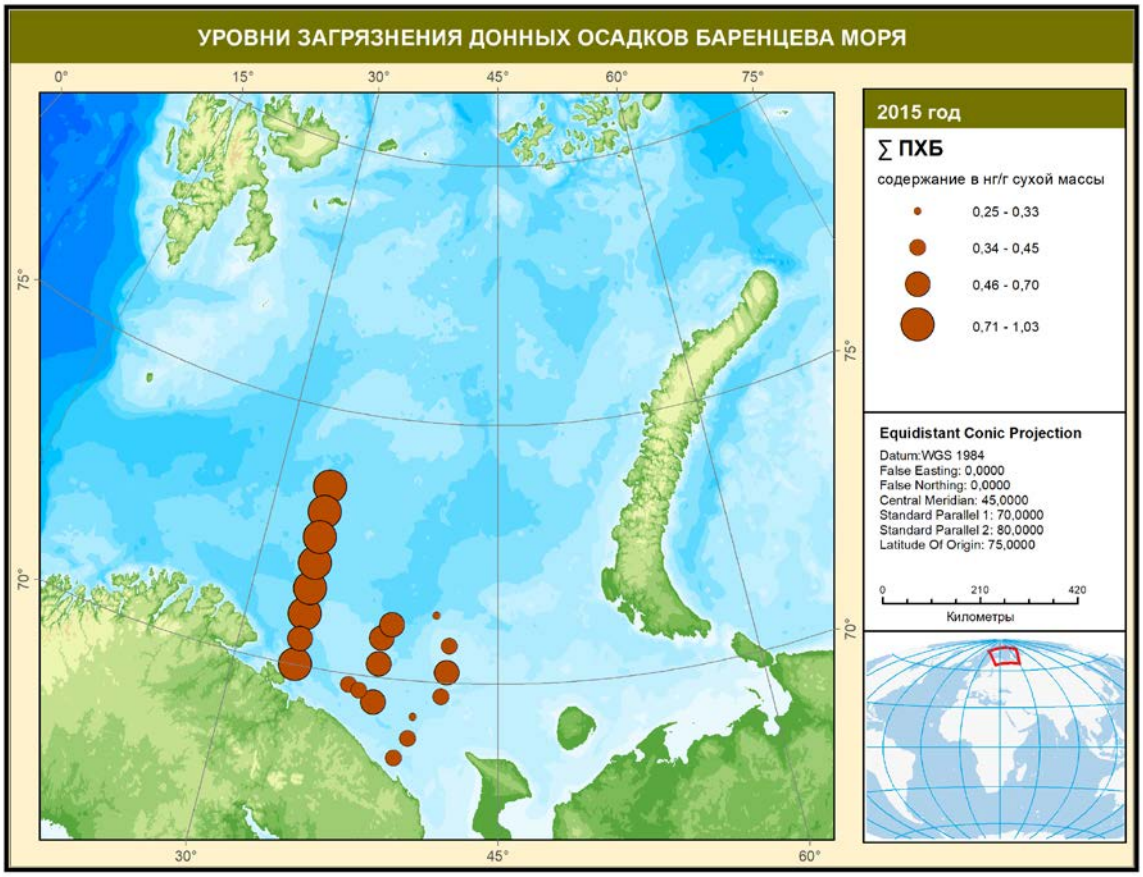

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2010 год
∑ ПХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,2 - 0,4
0,5 - 0,8
0,9 - 1,2
1,3 - 1,8
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2011 год
∑ ПХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,28 - 0,41
0,42 - 0,55
0,56 - 0,74
0,75 - 0,92
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

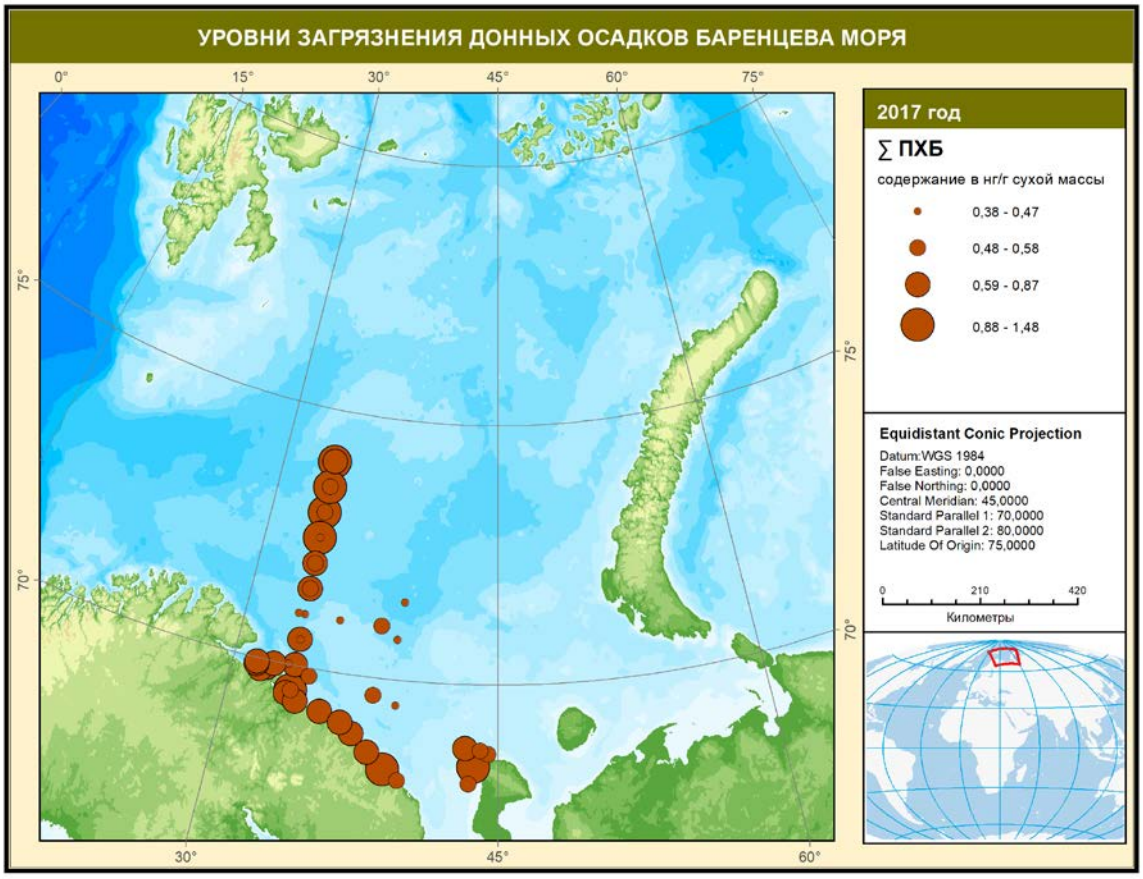

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2012 год
∑ ПХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,15 - 0,25
0,26 - 0,37
0,38 - 0,51
0,52 - 0,80
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2013 год
∑ ПХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,48 - 2,55
2,56 - 7,24
7,25 - 19,10
19,11 - 33,50
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
2014 год
∑ ПХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,33 - 0,49
0,50 - 0,61
0,62 - 0,83
0,84 - 1,24
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2015 год
∑ ПХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,25 - 0,33
0,34 - 0,45
0,46 - 0,70
0,71 - 1,03
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2016 год
∑ ПХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,49 - 0,59
0,60 - 0,69
0,70 - 1,08
1,09 - 1,48
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры


УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2017 год
∑ ПХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,38 - 0,47
0,48 - 0,58
0,59 - 0,87
0,88 - 1,48
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
30°
45°
60°
2018 год
∑ ПХБ
содержание в нг/г сухой массы
0,35 - 0,41
0,42 - 0,56
0,57 - 0,71
0,72 - 2,05
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

СПРАВОЧНЫЕ КАРТЫ

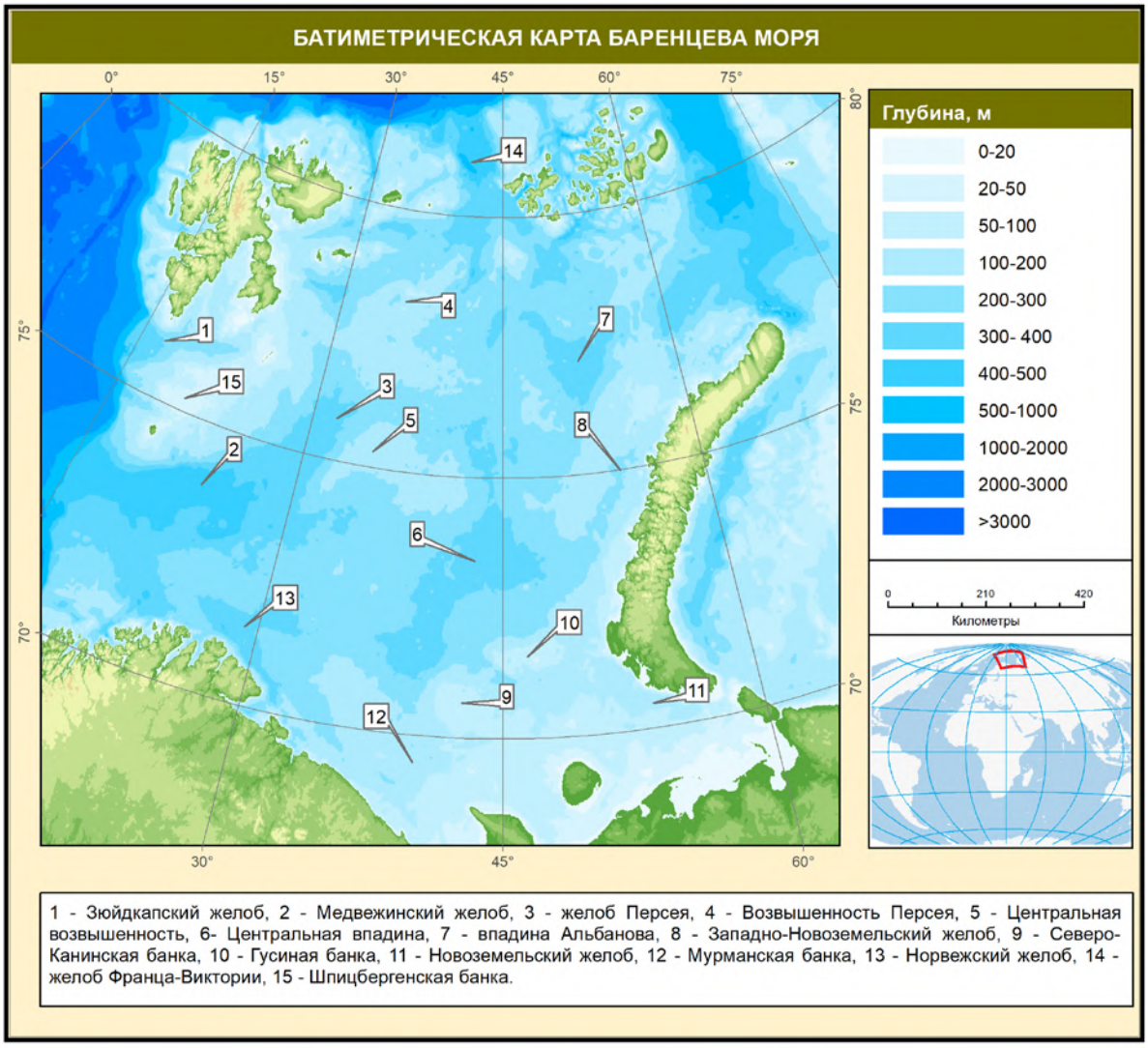
Батиметрическая карта

Ложе Баренцева моря представляет собой сложно расчлененную подводную равнину с неровной поверхностью, несколько покатой к западу и северо-востоку. В целом для водоема характерно чередование подводных плато и желобов, пересекающих его в разных направлениях и имеющих ступенчатые, обрывистые или пологие склоны (Матишов, 1977; Алексеева, Политова, Козина, 2020).

По сравнению с другими арктическими морями баренцевоморский шельф значительно более глубоководный, при этом здесь нет монотонного возрастания глубины в сторону океана (Добровольский, Залогин, 1965). Наиболее глубокие места расположены в западной его части. Здесь же находится максимальная глубина, составляющая 513 м. Дно Баренцева моря буквально испещрено большим количеством мелких банок и желобов протяженностью 10-30 миль, перепад глубин между которыми может достигать 100 м. Средняя глубина Баренцева моря составляет 220 м (Атлас океанов, 1980). Самой глубокой является юго-западная часть моря, глубина которой превышает 300-400 м и постепенно увеличивается в направлении Норвежского моря. Юго-восточнее о-ва Медвежий (ориентировочно в 60 милях) расположен небольшой участок с глубиной более 500 м (Воды Баренцева моря…, 2016).

По известным данным (Добровольский, Залогин, 1965; Гидрометеорология и гидрохимия..., 1990), прибрежные мелководья с глубинами до 50 м занимают большую площадь только на юго-востоке моря и в его северо-западной части (Медвежинско-Надеждинская возвышенность). У других побережий Баренцева моря глубины возрастают до 100-200 м уже в нескольких десятках километров от берега. Помимо крупных структурных элементов донного рельефа существуют и многочисленные мелкие (3-5 м) неровности дна на глубинах меньше 220 м, а также террасовидные уступы на подводных склонах и ровные участки дна.

На представленной ниже батиметрической карте географические названия форм рельефа дна Баренцева моря даны как на карте Г.Г. Матишова (1997). Впадина Альбанова обозначена на основе публикации А.Г. Зинченко (2001).

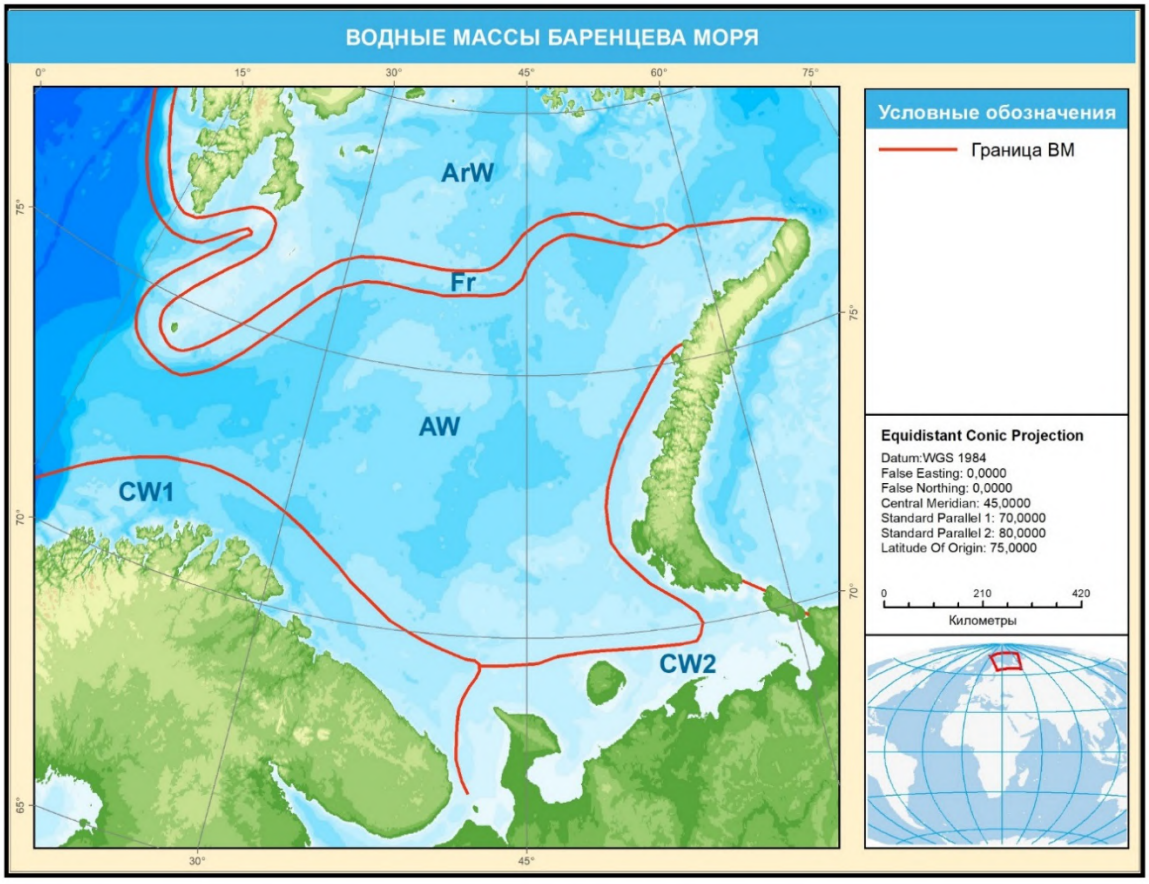


1 - Зюйдкапский желоб, 2 - Медвежинский желоб, 3 - желоб Персея, 4 - Возвышенность Персея, 5 - Центральная возвышенность, 6- Центральная впадина, 7 - впадина Альбанова, 8 - Западно-Новоземельский желоб, 9 - Северо-Канинская банка, 10 - Гусиная банка, 11 - Новоземельский желоб, 12 - Мурманская банка, 13 - Норвежский желоб, 14 - желоб Франца-Виктории, 15 - Шпицбергенская банка.

Водные массы Баренцева моря

Динамика вод Баренцева моря вносит определяющий вклад в формирование его физических и химических характеристик. Она тесно связана с движением морских льдов, льдообразованием, процессами перемешивания воды в море и, как следствие, локальными особенностями осаждения взвешенных в морской воде частиц. Для возможной предварительной оценки распределения данных о содержании загрязнения в донных осадках различных частей Баренцева моря была выполнена карта расположения границ водных масс (ВМ). На представленной ниже карте выделены следующие типы морских вод – они же ВМ: AW – атлантические и собственно баренцевоморские воды, ArW – арктические воды, CW1 – норвежские и мурманские прибрежные воды, CW2 – восточные прибрежные воды, Fr – воды фронтальной зоны. Типы вод и границы ВМ были выделены нами с учетом сведений о ВМ и течениях Баренцева моря, опубликованных специалистами ПИНРО (Ожигин, Ившин, 1999; Воды Баренцева моря…, 2016). В основе выделения ВМ лежат параметры температуры и солености морской воды, обработанные с использованием кластерного анализа. Названия ВМ традиционно даны на основе их происхождения или географической локализации. Показано, что различие в происхождении ВМ Баренцева моря определяет значимые различия в «портрете» их загрязнения, обусловленного неодинаковостью преобладающих источников поступления поллютантов (Новиков, Драганов, 2017).

Полярный фронт (фронтальная зона), строго говоря, не является собственно ВМ, это зона трансформации вод различного происхождения. Тем не менее площадь акватории фронтальной зоны составляет около 11 750 км^2, что вполне достаточно для выполнения специальных исследований (Новиков, Драганов, 2018; Ившин, Трофимов, Титов, 2020). Одним из следствий контакта вод различной температуры и солености во фронтальных зонах являются конвергентные циркуляции (круговороты), ограничивающие массообмен (солеобмен) между ними и приводящие к так называемому уплотнению при смешении (Федоров, 1983). При этом фронты, представляющие собой разновидность внутренних пограничных слоев, играют роль своеобразных барьеров или мембран, через которые обмен свойствами затруднен и имеет специфические формы (Сперанская, 1982). Таким образом, теоретические предпосылки возможности накопления загрязнения во фронтальной зоне достаточно очевидны и характерны для воды этой области Баренцева моря (Новиков, Драганов, 2018; Драганов, Новиков, 2020), однако значение полярного фронта, как и других фронтальных зон в Баренцевом море, в накоплении взвеси на дне Баренцева моря остается еще до конца не выясненным.


ВОДНЫЕ МАССЫ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
65°
ArW
Fr
AW
CW1
CW2
Условные обозначения
Граница ВМ
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

Гранулометрический состав донных отложений

Карта донных отложений составлена на основе анализа текстовых материалов «Промыслового описания Баренцева моря» (в 5-ти частях). Информацию о составе донных отложений брали из характеристик промысловых квадратов, приводимых в описании. Цифровые карты донных отложений создавали по 5 тематическим слоям – собственно грунтам Баренцева моря и 4 видам грубообломочного материала (примесей): камни, галька, ракуша и скелеты губок. Классификация грунтов приводится на основе подходов, предложенных М.В. Кленовой (1931, 1960). Основным признаком для характеристики осадка в этой классификации принято считать содержание фракции меньше 0,01 мм. От количества этой фракции, по мнению М.В. Кленовой, зависят сыпучесть и пластичность осадка, и оно является решающим в механической характеристике. При количестве мелкой фракции менее 5 % по весу, осадок называется песком, при 5-10 % – илистым песком, при 10-30 % – песчанистым илом, при 30-50 % – илом, при более 50 % – глинистым илом (Кленова, 1931). Особенности распределения донных отложений в море тесно связаны с характеристиками рельефа дна и гидродинамическим режимом придонных вод. В связи с высокой гидродинамической активностью вод Баренцева моря механическая дифференциация осадочного материала протекает интенсивно и является важнейшим фактором седиментогенеза.

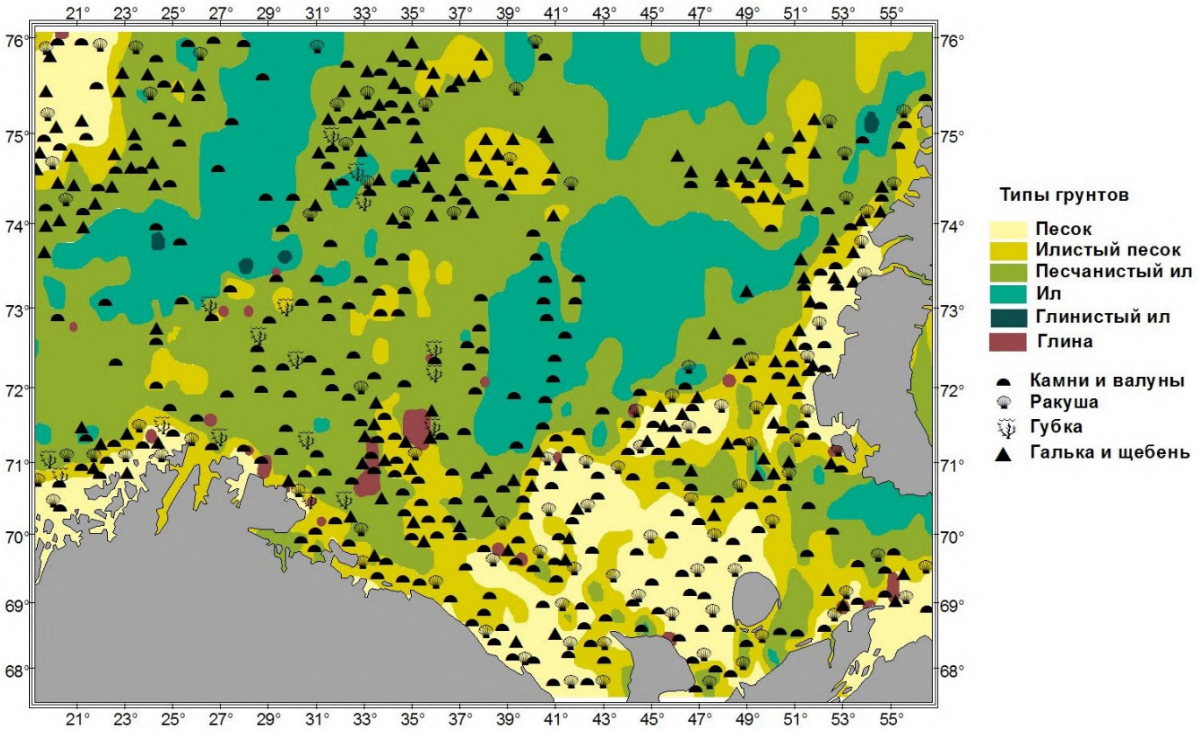
На карте донных отложений Баренцева моря видно, что большая часть дна покрыта песчанистым илом. Значительные участки дна, особенно в северной половине и центральной части моря, заняты илом. Наличие здесь системы замкнутых впадин способствует образованию затишных зон и отложению мелкозернистого материала. В южной части моря илом покрыто дно Центральной впадины, Западного желоба восточнее 21 меридиана и участки дна южной оконечности архипелага Новая Земля. Распределение песка в значительной степени приурочено к мелководьям. Песок располагается вдоль прибрежных склонов и на поверхности Медвежинской и Шпицбергенской банок, на Канино-Колгуевском мелководье, Северо-Канинской банке, в Западно-Центральном районе, в Печорском море и у побережья архипелага Новая Земля. Илистый песок то узкой, то широкой полосой окаймляет прибрежные склоны и покрывает гребни Мурманской и Рыбачьей банок, Центральной возвышенности.

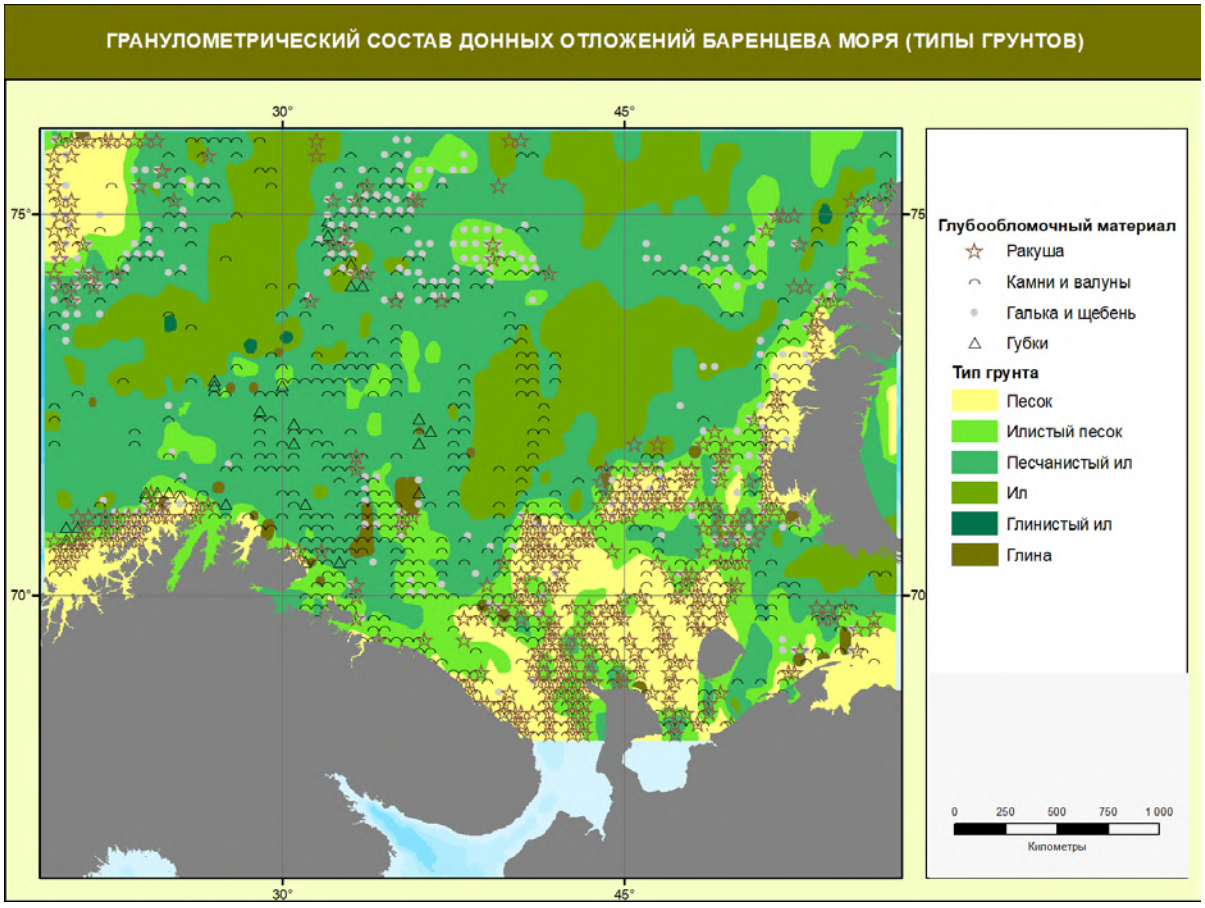
В юго-восточной части Баренцева моря в связи с ослабленной подвижностью вод илистые грунты залегают на меньших глубинах, чем в западных районах. К востоку от о-ва Колгуев можно встретить ил на глубине меньше 100 м. Осадки здесь более рыхлые, чем в западных районах (Колесников, Новиков, 2004). В зимне-весенний период в юго-восточной части моря наблюдаются обширные поля льдов, в том числе припайных. В конце весны и в летний период происходят усиленные подвижки льдов. Миграцией льдов, выпадением из них обломочного материала во многом определяются литологические особенности этого района (Арктический шельф Евразии..., 1987).

Грубообломочный материал располагается в Баренцевом море неравномерно, но почти повсеместно. Петрографический его состав в целом комплементарен набору горных пород прилегающей суши (Харин, Ерошенко, 2020).

Ниже приводятся карты гранулометрического состава донных отложений:

– карта в старой редакции (в проекции Меркатора из: Новиков, 2006);
– обновленная карта (в той же проекции).


Типы грунтов
Песок
Илистый песок
Песчанистый ил
Ил
Глинистый ил
Глина
Камни и валуны
Ракуша
Губка
Галька и щебень


ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ТИПЫ ГРУНТОВ)
Глубообломочный материал
Ракуша
Камни и валуны
Галька и щебень
Губки
Тип грунта
Песок
Илистый песок
Песчанистый ил
Ил
Глинистый ил
Глина
0 250 500 750 1 000
Километры

Содержание органического углерода

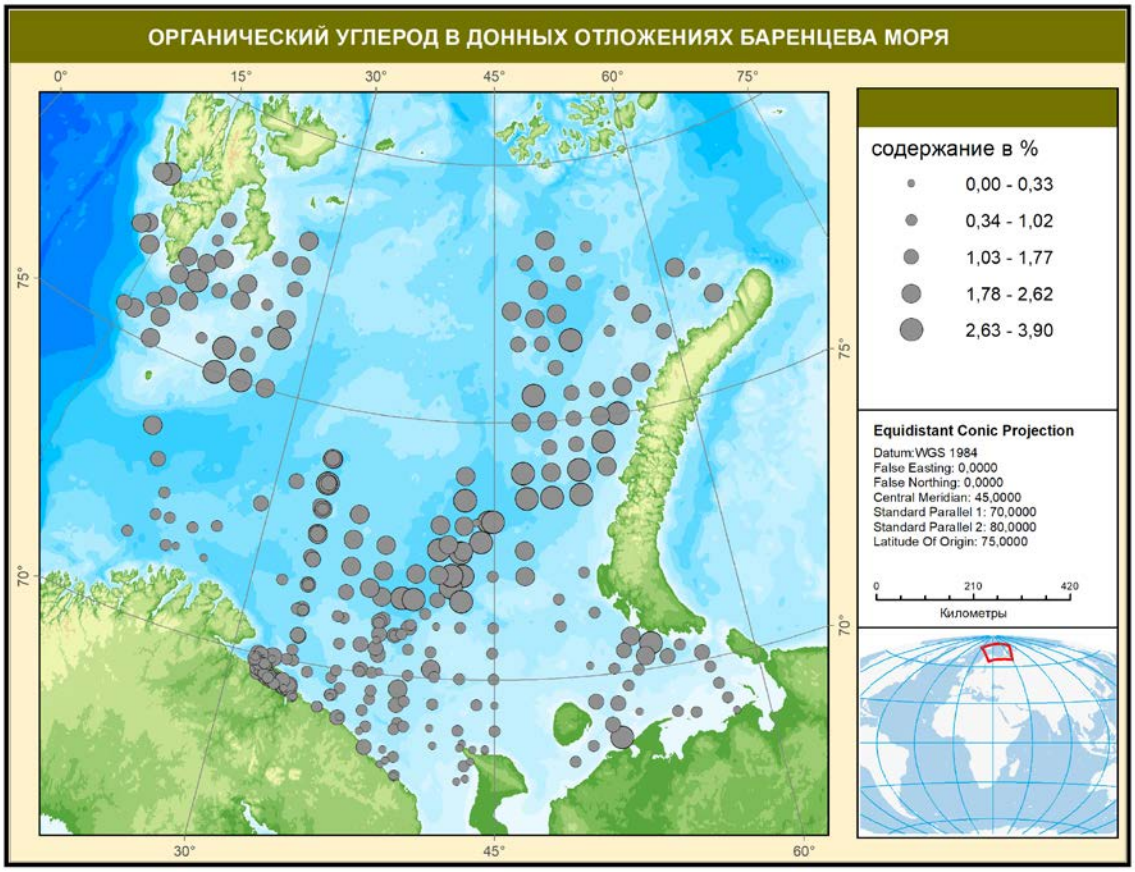
Значительные массы рассеянных элементов в океане связываются дисперсным органическим веществом. Его основным источником служат отмирающие планктонные организмы. Процесс разрушения их остатков наиболее активно происходит до глубины 500-1000 м. Поэтому в осадках шельфовых и неглубоких приконтинентальных морей скапливаются огромные массы дисперсного органического вещества морских организмов, к которым добавляются органические взвеси, вынесенные речным стоком с суши. Основная часть органического вещества океана находится в растворенном состоянии и лишь 3-5 % в виде взвеси (Виноградов, 1967). Концентрация этих взвесей в воде невелика, но их общая масса во всем объеме океана весьма значительна: 120-200 млрд т. Ежегодное накопление высокодисперсного органического детрита в осадках Мирового океана, по данным В.А. Успенского, превышает $0{,}5\times10^9$ т (Цит. по: Добровольский, 2003, с. 87).

Среди геохимических особенностей донных отложений, имеющих значение для окислительно-восстановительных процессов диагенеза, является высокое – до 2 и более процентов – содержание органического углерода ($C_{орг}$). Такие величины содержания органического вещества в современных донных осадках арктических морей являются отражением активных продукционных процессов, протекающих в водной толще (Розанов, 2009).

Для многих морей России – Балтийского, Баренцева, Карского, Чукотского, Белого и др. – в современный теплый климатический период отмечена общая тенденция увеличения отдельных компонентов цикла углерода – первичной продукции и объемов захоронения органического углерода в донных осадках (Максимова, 2004; Ветров, Романкевич, 2008).

По нашим данным, содержание $C_{орг}$ в донных отложениях Баренцева моря изменялось от 0,13 до 3,90 % со средним значением 1,39 %. Для Восточно-Сибирского моря среднее значение $C_{орг}$ составило 1,67 %, а диапазон колебаний – от 0,29 до 2,27 % (Газогеохимические аномалии..., 2013). В верхнем слое донных осадков Белого моря содержание органического углерода составляло 1,14 %, Карского – 0,83 %, в морях восточной Арктики (море Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское) среднее содержание $C_{орг}$ оценивалось как 0,79-0,98 %, в Беринговом море – 0,84 % (Горшкова, 1974; Беляев, Поняев, Пересыпкин, 2009). Для осадков глубоководной части Северного Ледовитого океана фоновым уровнем содержания $C_{орг}$ считается величина < 0,40 % (Петрова, 2009).

Представленная ниже карта содержания органического углерода в донных отложениях Баренцева моря выполнена на основе анализа проб, отобранных в 2003-2005, 2007, 2009, 2010, 2016 и 2018 гг.


ОРГАНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
содержание в %
0,00 - 0,33
0,34 - 1,02
1,03 - 1,77
1,78 - 2,62
2,63 - 3,90
Equidistant Conic Projection
Datum:WGS 1984
False Easting: 0,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: 45,0000
Standard Parallel 1: 70,0000
Standard Parallel 2: 80,0000
Latitude Of Origin: 75,0000
0
210
420
Километры

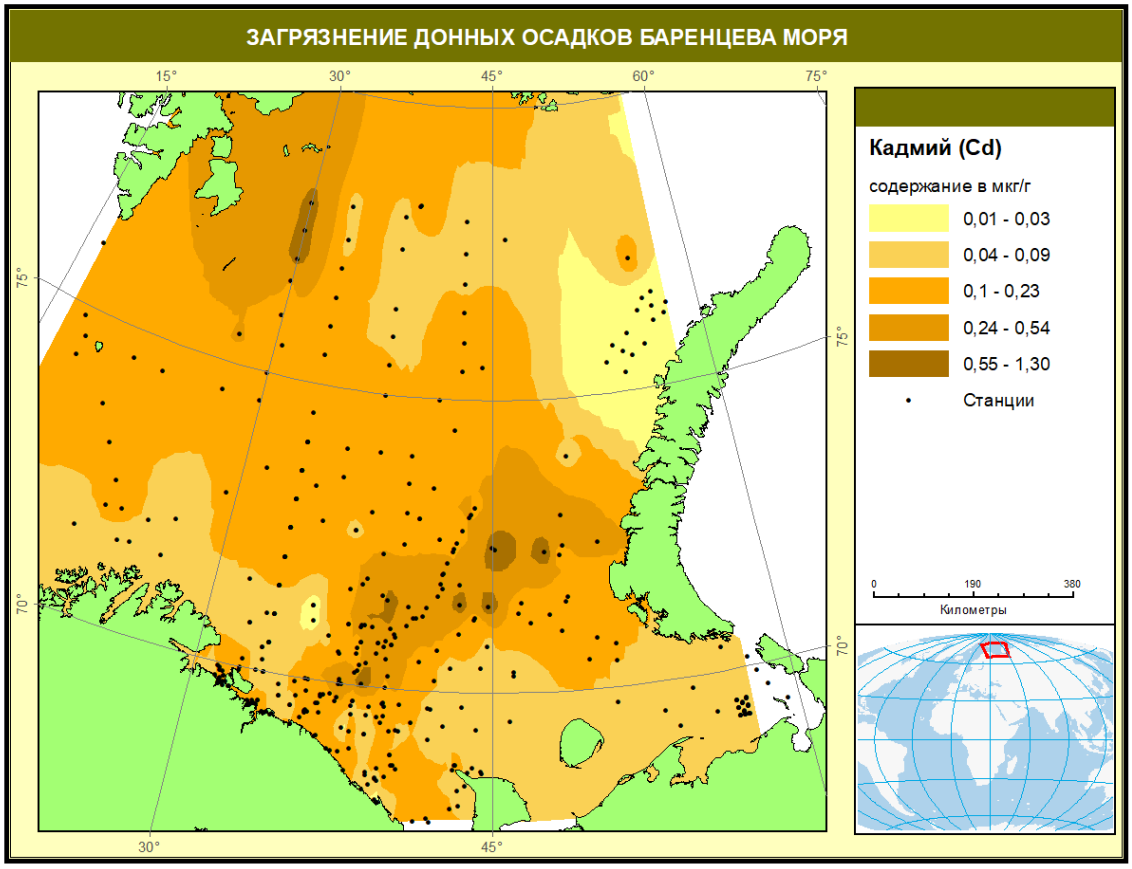
СПЕЦИАЛЬНЫЕ КАРТЫ

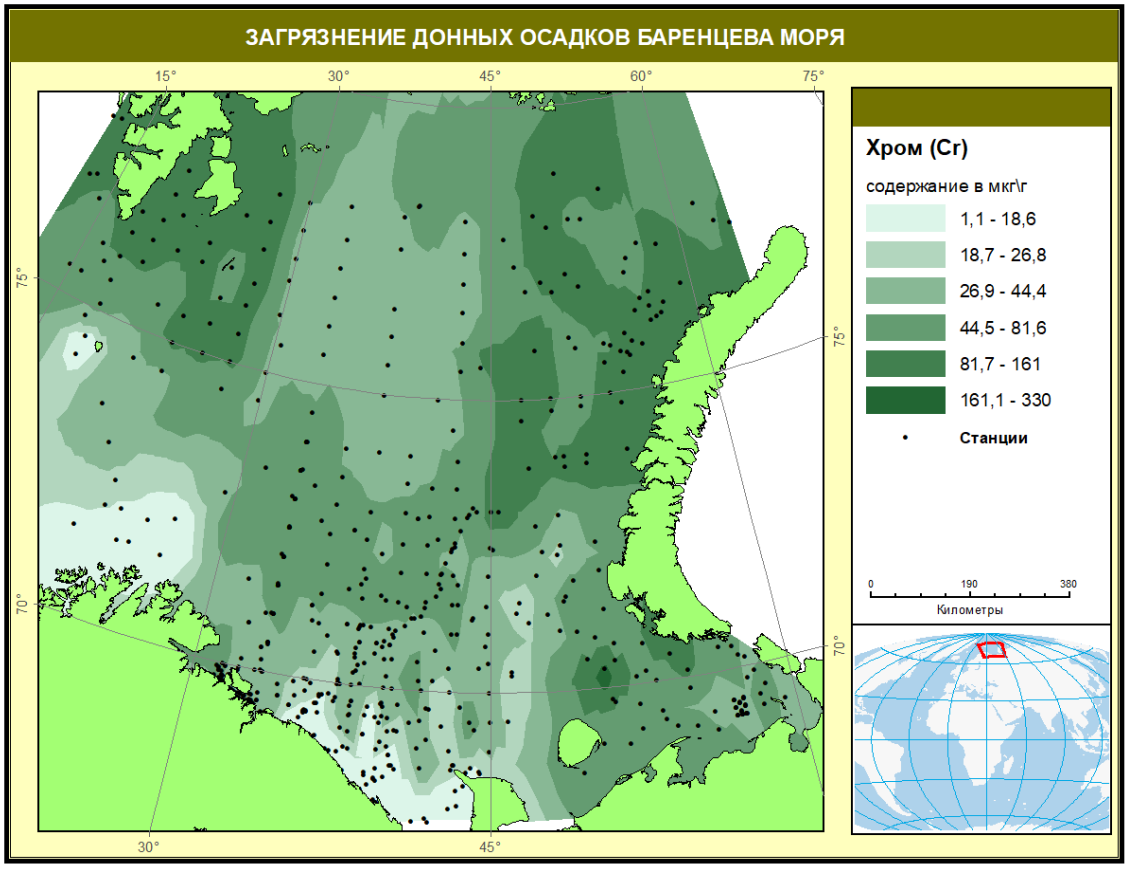
Интегрированные карты содержания поллютантов

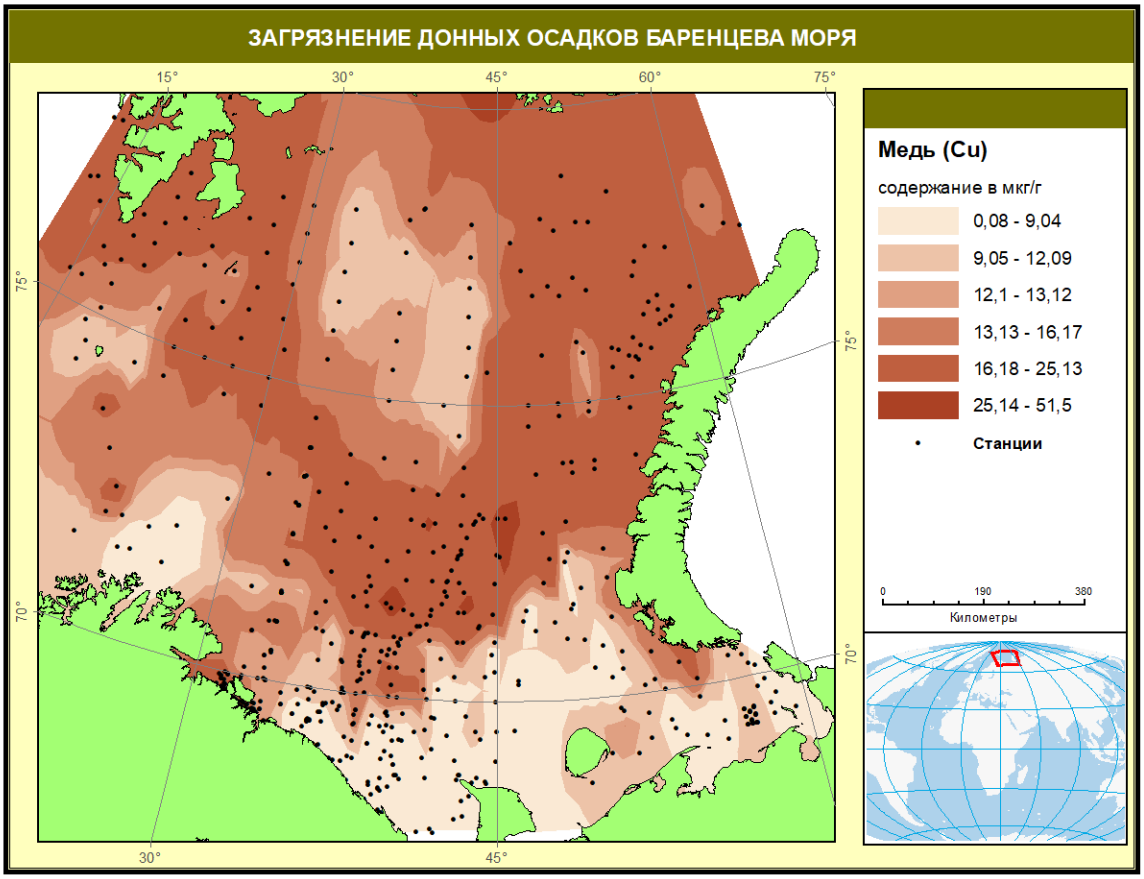
Содержание загрязняющих веществ в донных отложениях Баренцева моря достаточно консервативный показатель, не имеющий достоверных трендов за последние десятилетия как по тяжелым металлам, так и по стойким органическим соединениям – ХОП и ПХБ (Новиков, Жилин, 2016; Новиков, 2021). Это позволяет уверенно рассчитывать значения содержания поллютантов в донных отложениях всего Баренцева моря по объединенным за все годы исследований выборкам данных.

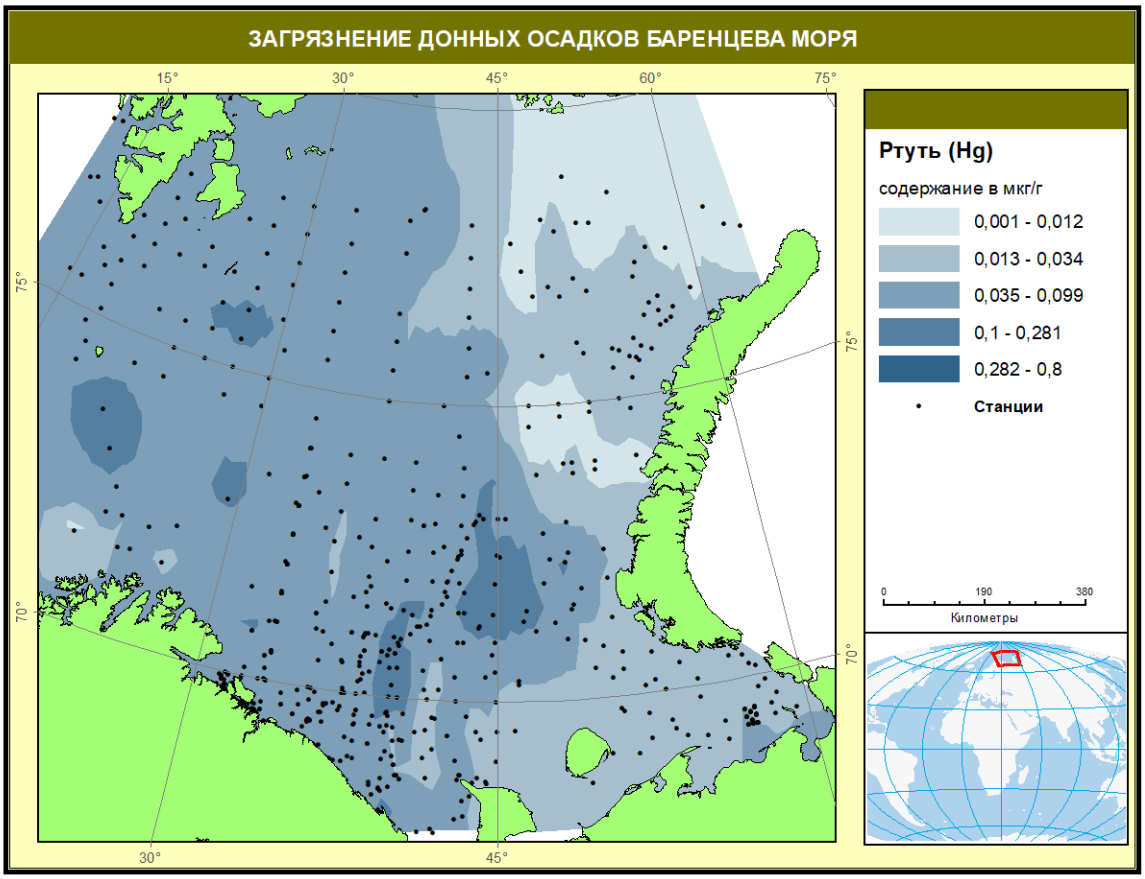
Интегрированные карты, а точнее картограммы содержания поллютантов в донных отложениях, представляют собой результат интерполяции исходных данных на акваторию Баренцева моря. Расчет модели интерполяции производили по методу обратно взвешенных расстояний. Классификацию выполняли методом естественных границ (по Дженксу), позволяющим группировать схожие значения и максимально увеличить различия между классами. Содержание загрязняющих веществ на картограммах приведено в микрограммах или нанограммах на грамм сухой массы осадка.

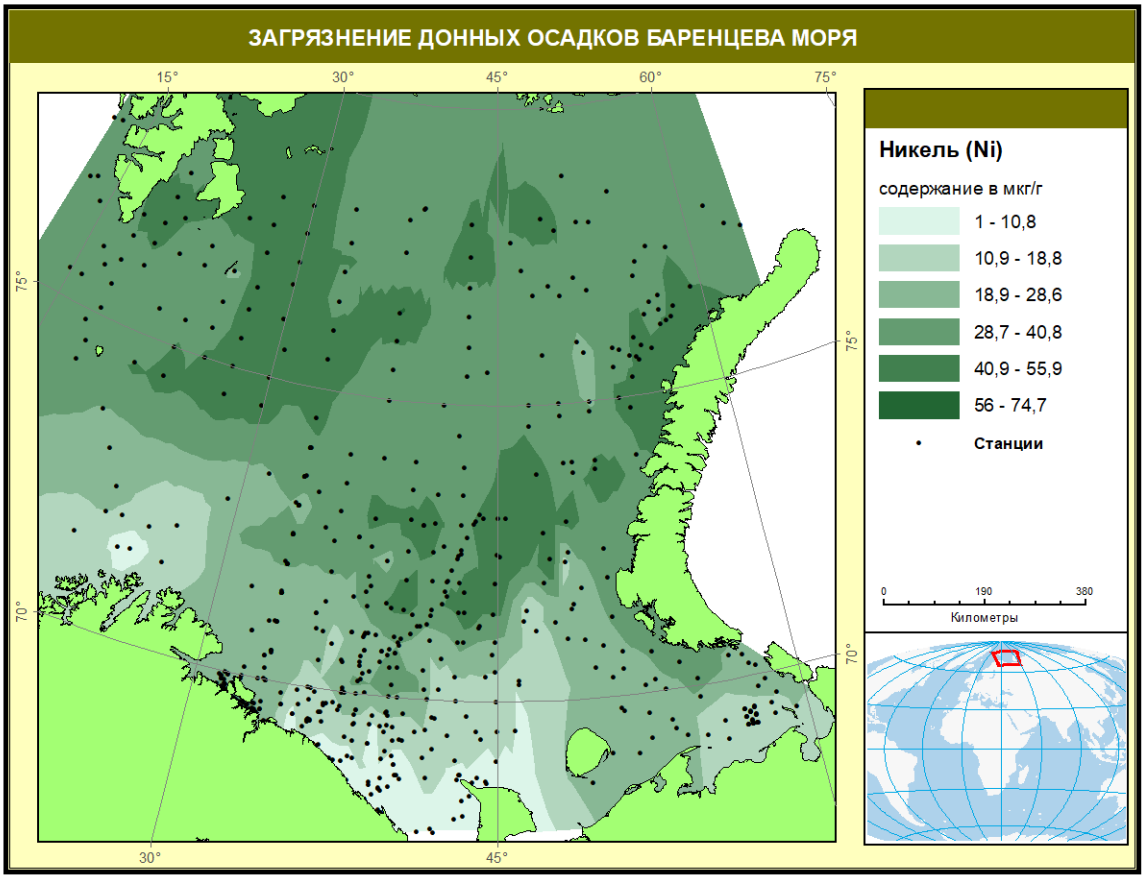
Ниже приводятся картограммы содержания поллютантов в донных отложениях, выполненные на основе объединения выборок данных за 2003-2018 гг.

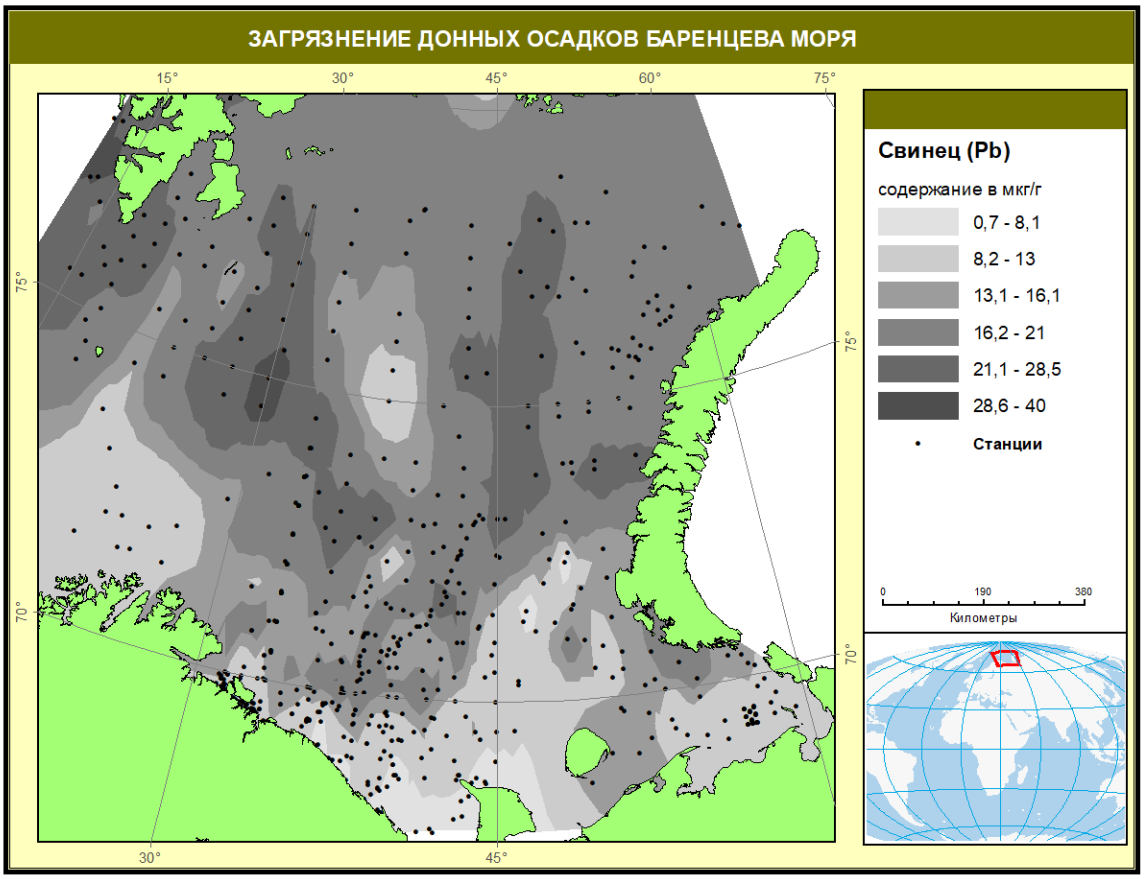

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
Кадмий (Cd)
содержание в мкг/г
0,01 - 0,03
0,04 - 0,09
0,1 - 0,23
0,24 - 0,54
0,55 - 1,30
Станции
0
190
380
Километры

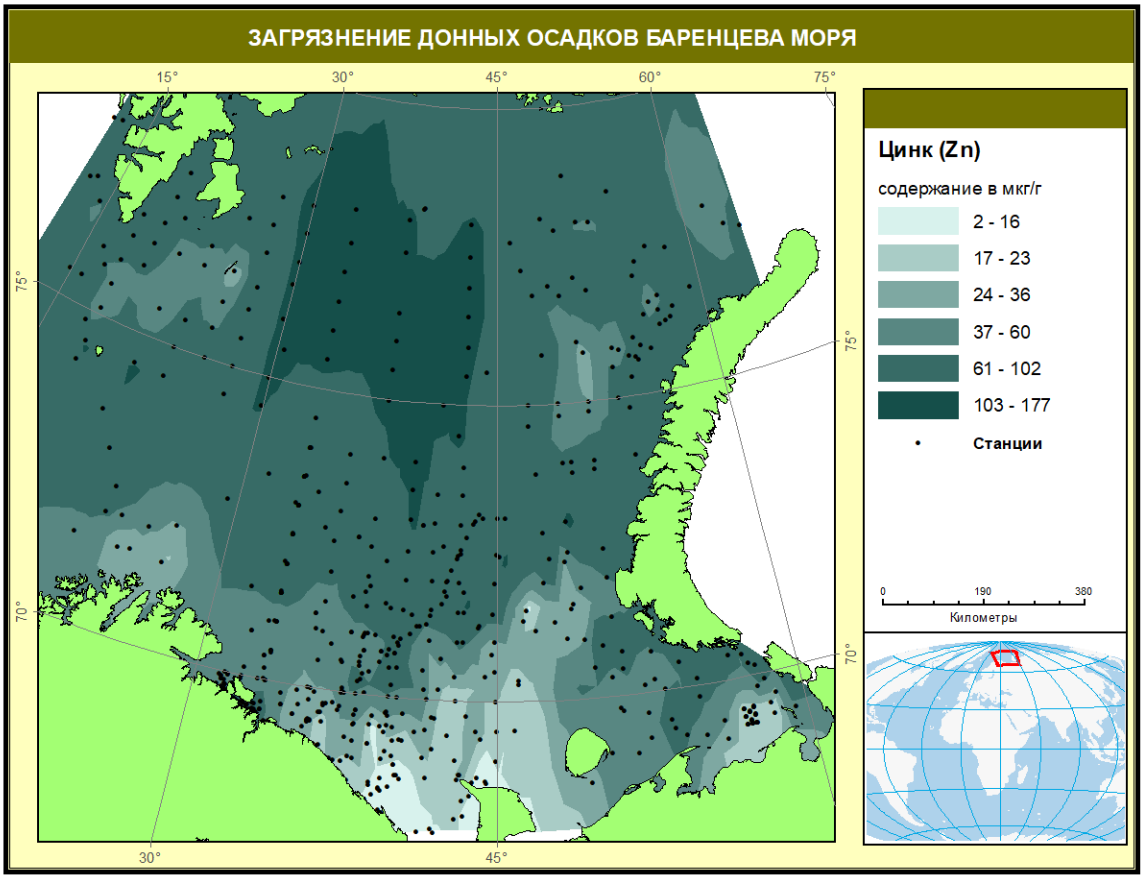

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
Хром (Cr)
содержание в мкг\г
1,1 - 18,6
18,7 - 26,8
26,9 - 44,4
44,5 - 81,6
81,7 - 161
161,1 - 330
Станции
0
190
380
Километры

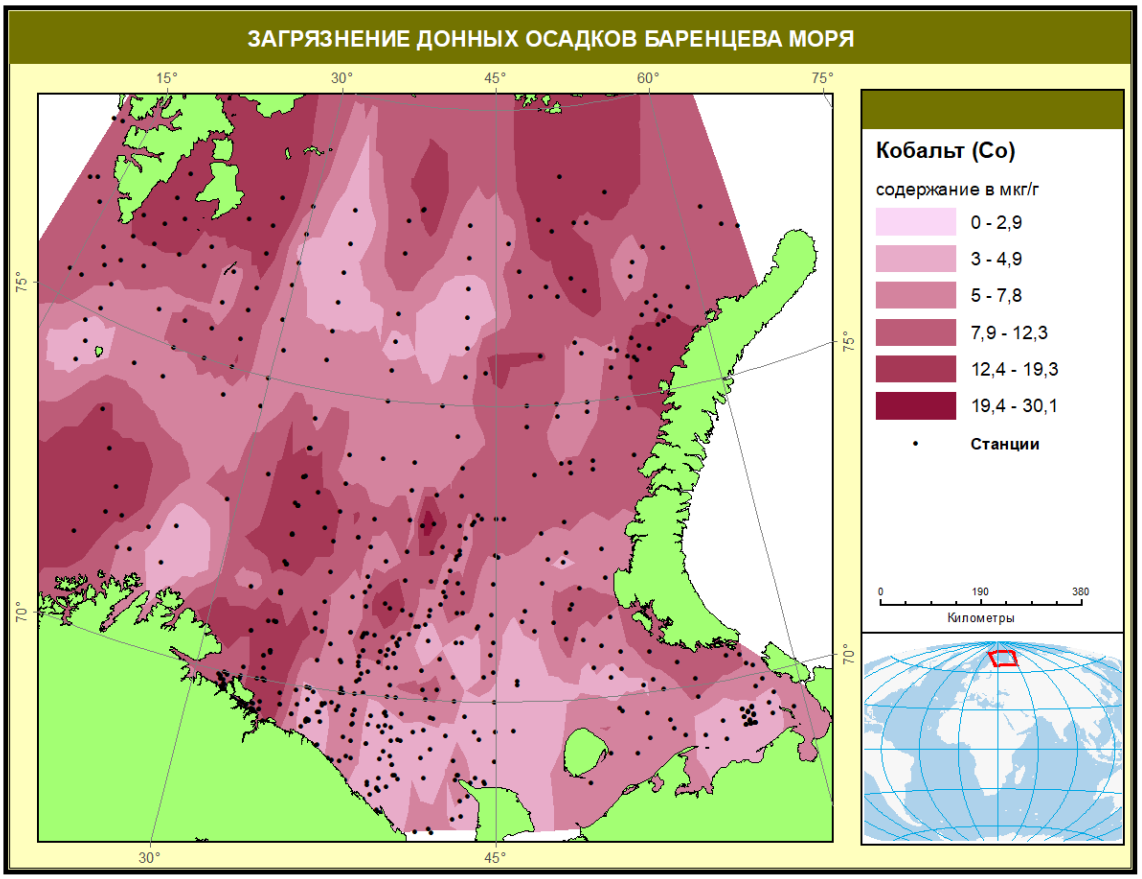

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
Медь (Cu)
содержание в мкг/г
0,08 - 9,04
9,05 - 12,09
12,1 - 13,12
13,13 - 16,17
16,18 - 25,13
25,14 - 51,5
Станции
0
190
380
Километры

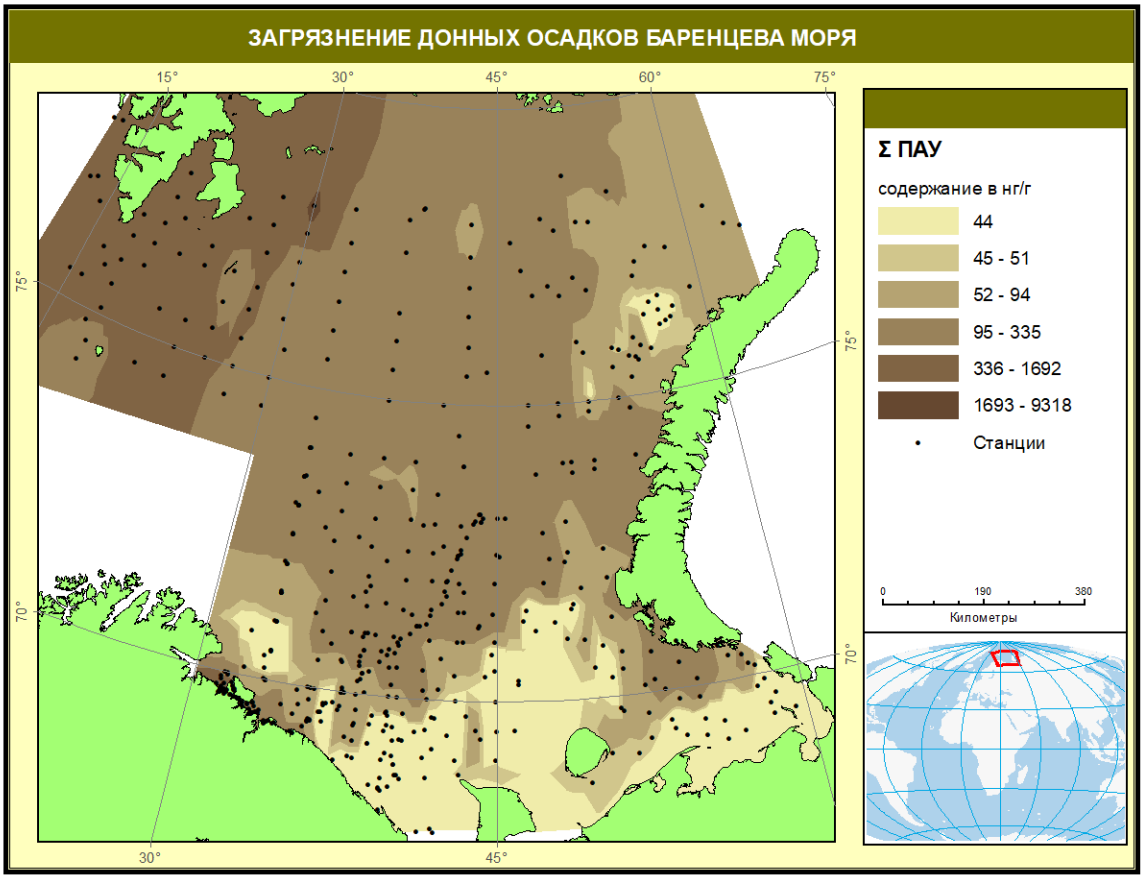

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
Ртуть (Hg)
содержание в мкг/г
0,001 - 0,012
0,013 - 0,034
0,035 - 0,099
0,1 - 0,281
0,282 - 0,8
Станции
0
190
380
Километры

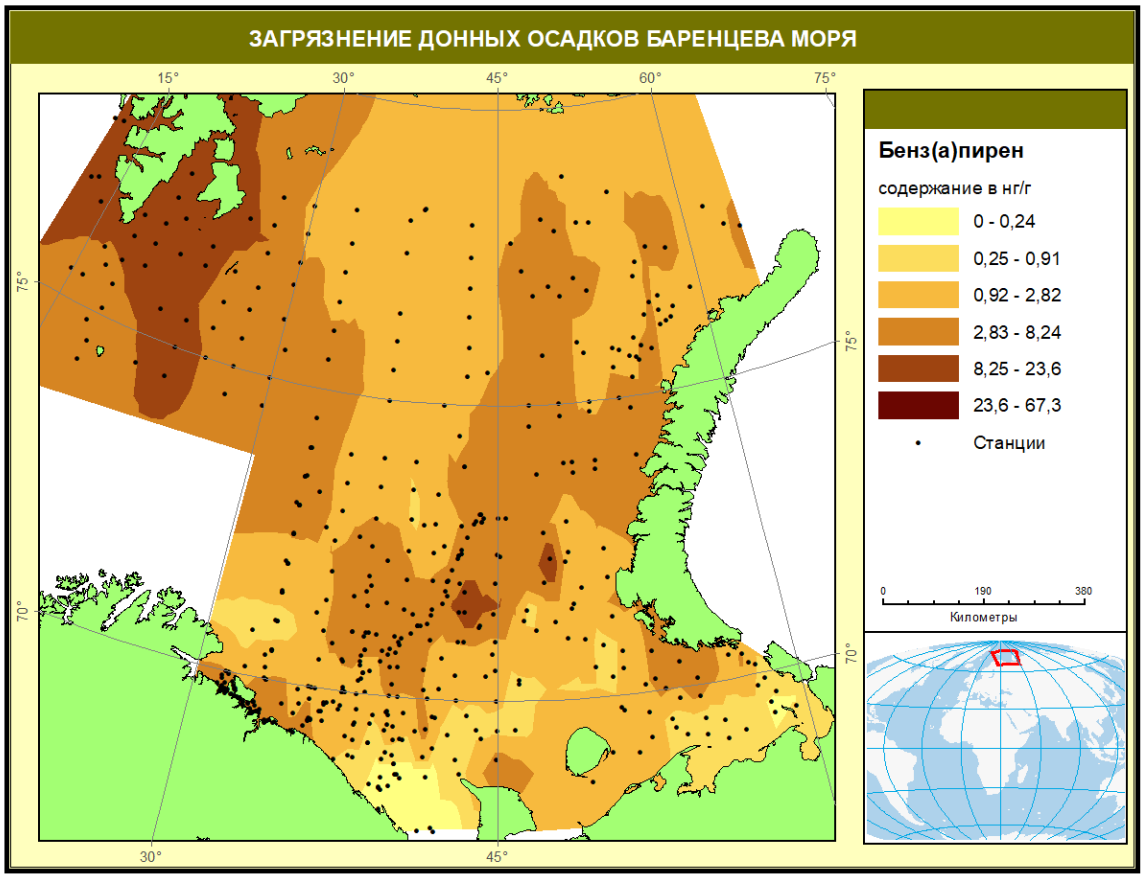

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
Никель (Ni)
содержание в мкг/г
1 - 10,8
10,9 - 18,8
18,9 - 28,6
28,7 - 40,8
40,9 - 55,9
56 - 74,7
Станции
0
190
380
Километры

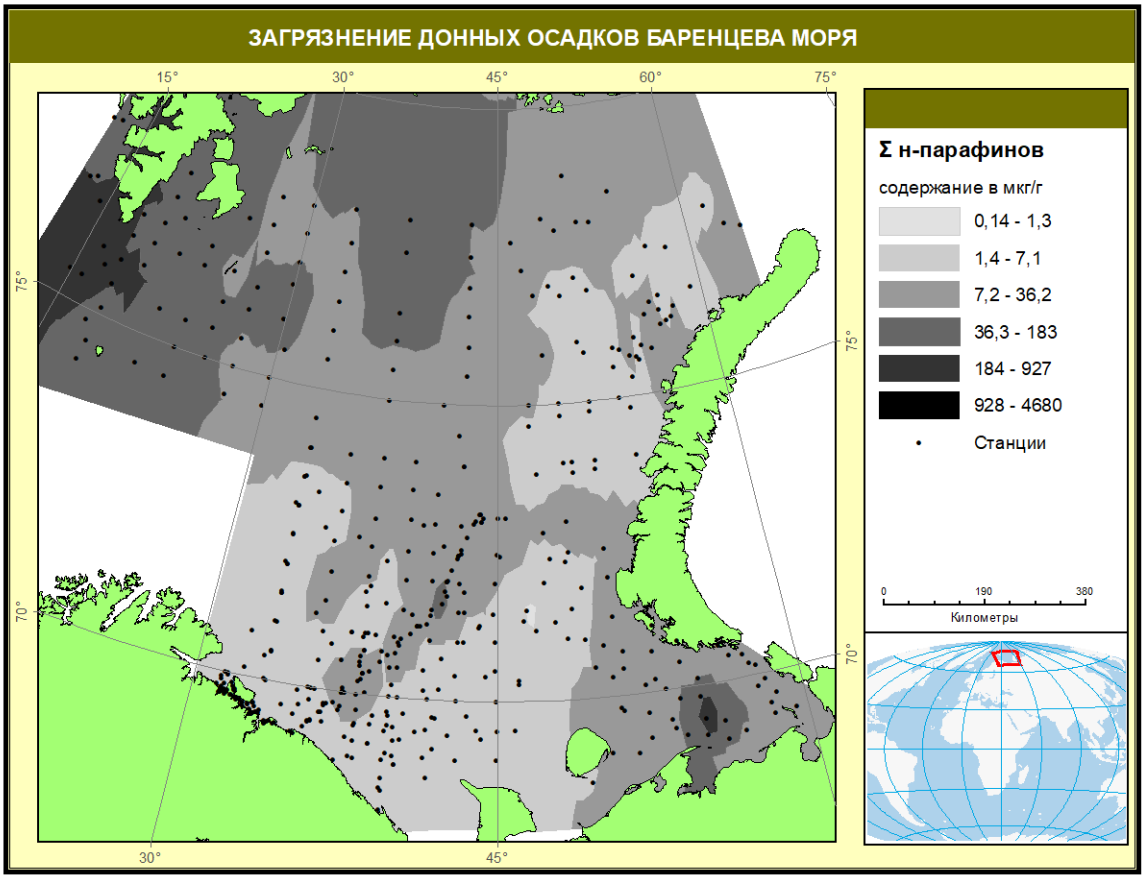

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
Свинец (Pb)
содержание в мкг/г
0,7 - 8,1
8,2 - 13
13,1 - 16,1
16,2 - 21
21,1 - 28,5
28,6 - 40
Станции
0
190
380
Километры

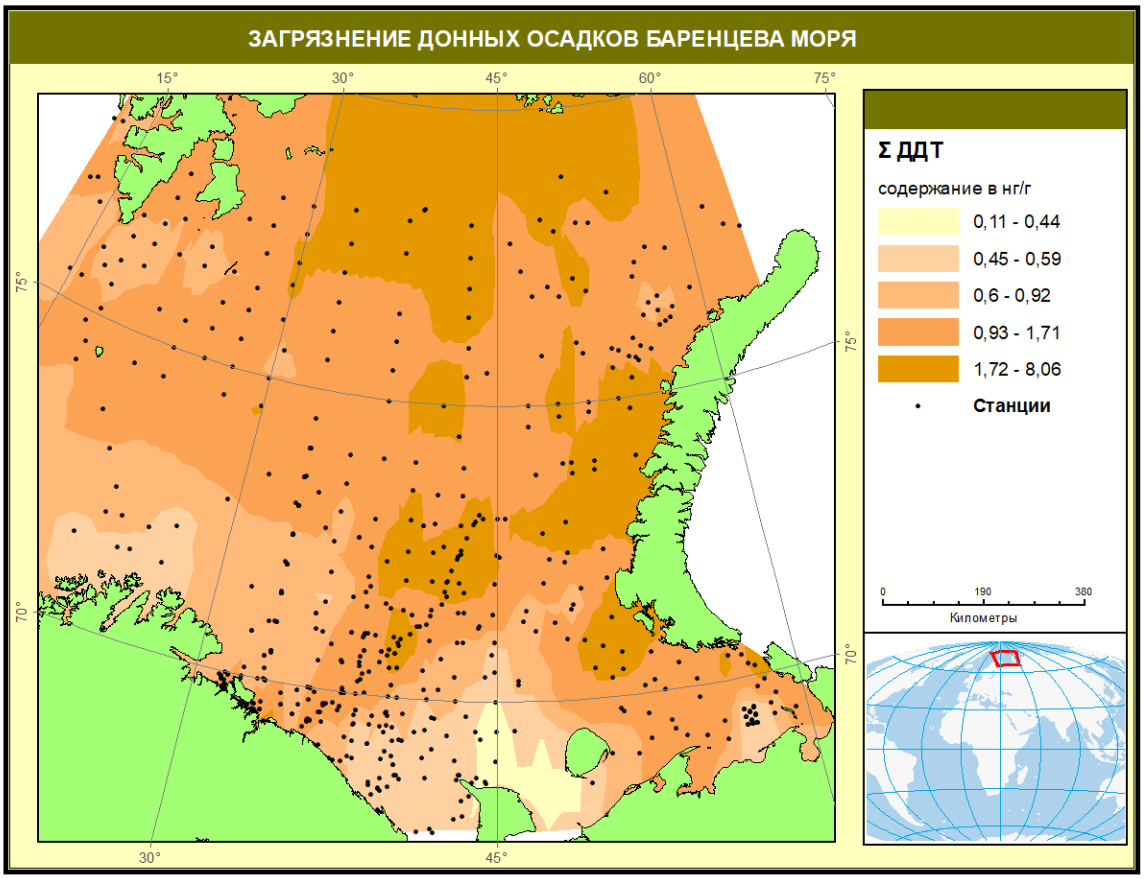

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
Цинк (Zn)
содержание в мкг/г
2 - 16
17 - 23
24 - 36
37 - 60
61 - 102
103 - 177
Станции
0
190
380
Километры

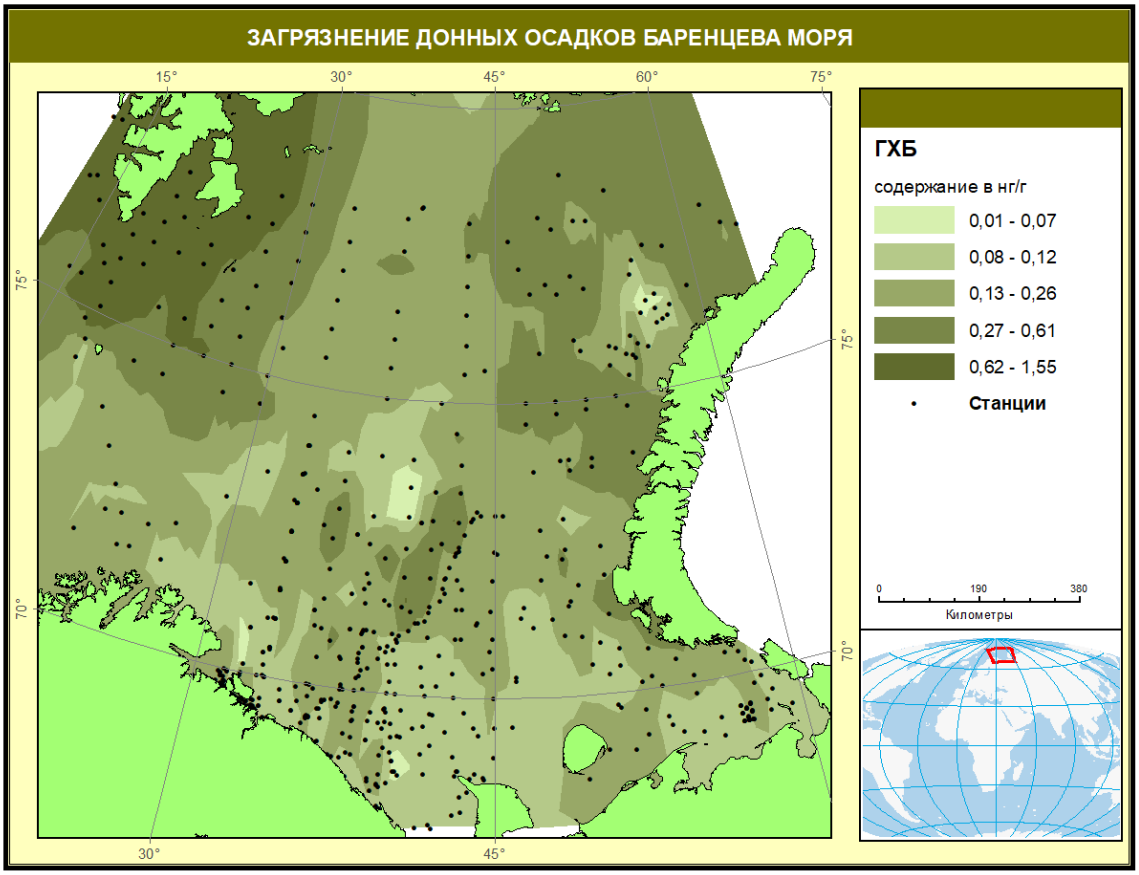

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
Кобальт (Co)
содержание в мкг/г
0 - 2,9
3 - 4,9
5 - 7,8
7,9 - 12,3
12,4 - 19,3
19,4 - 30,1
Станции
0
190
380
Километры

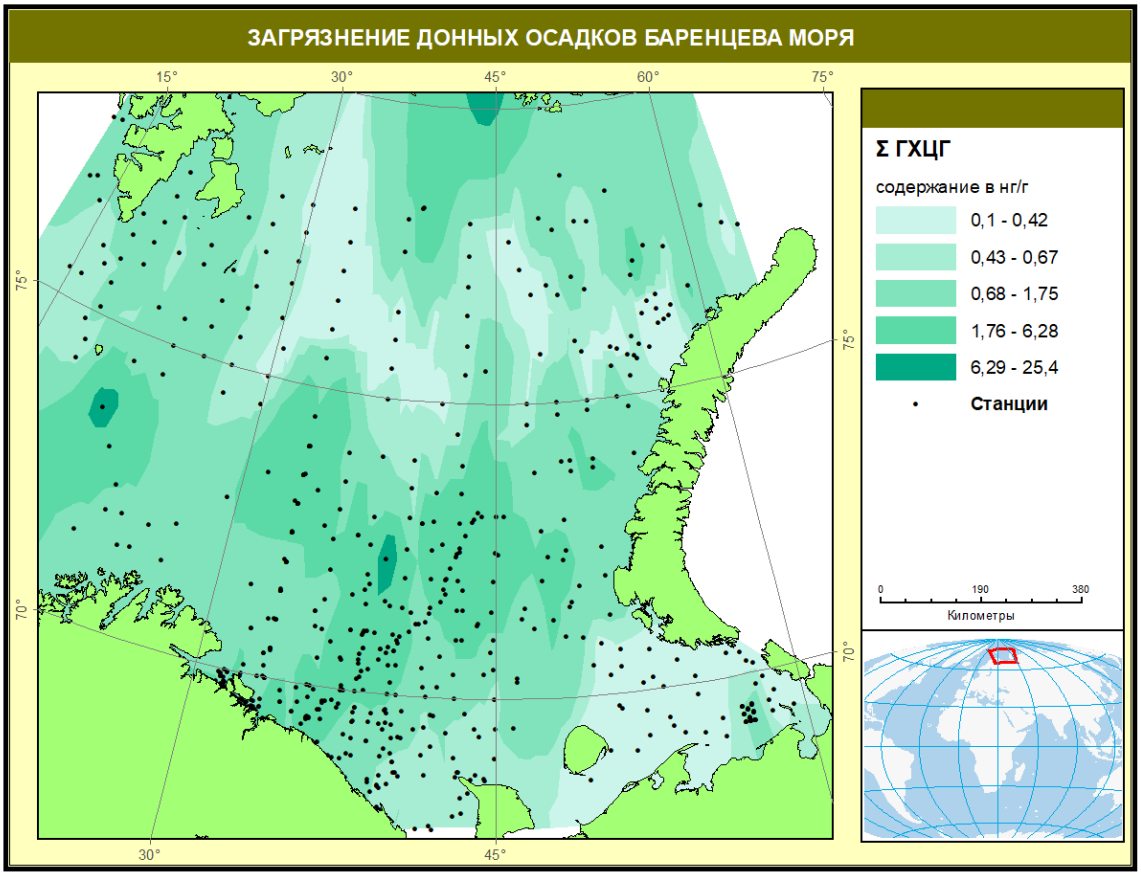

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
Σ ПАУ
содержание в нг/г
44
45 - 51
52 - 94
95 - 335
336 - 1692
1693 - 9318
Станции
0
190
380
Километры

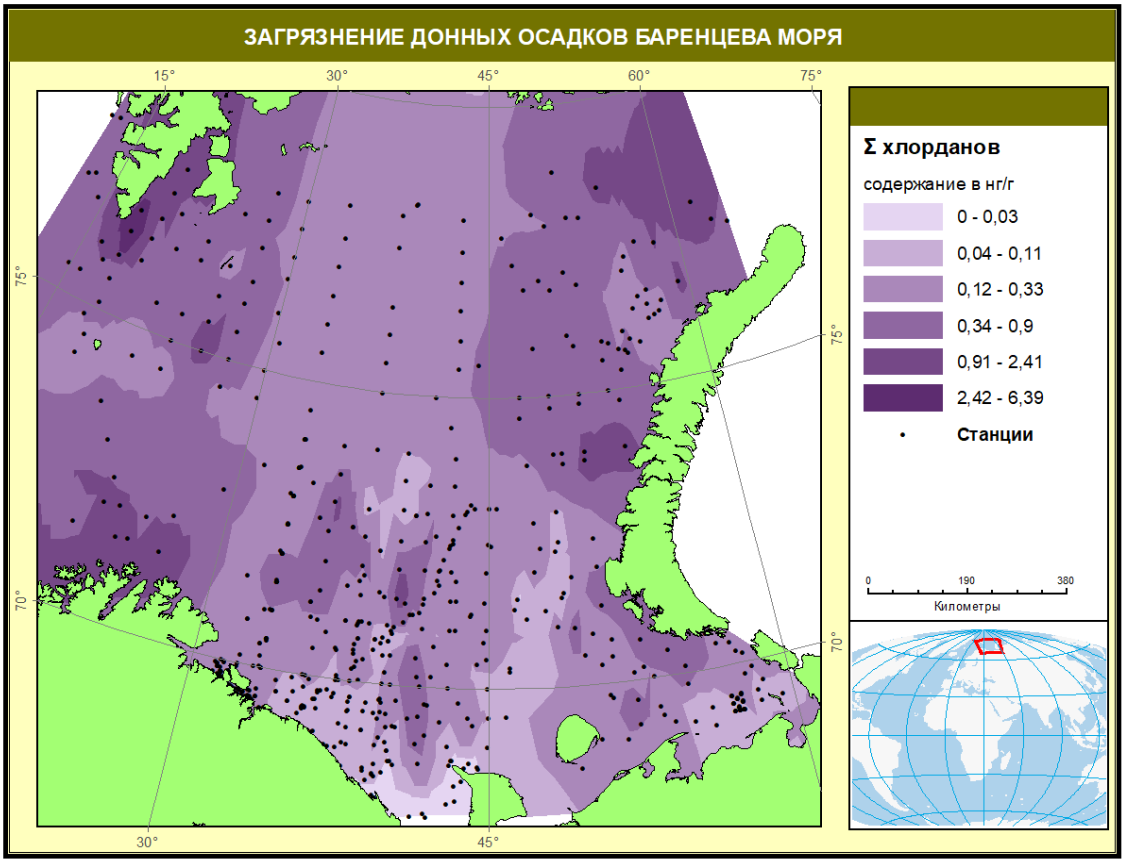

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
Бенз(а)пирен
содержание в нг/г
0 - 0,24
0,25 - 0,91
0,92 - 2,82
2,83 - 8,24
8,25 - 23,6
23,6 - 67,3
Станции
0
190
380
Километры

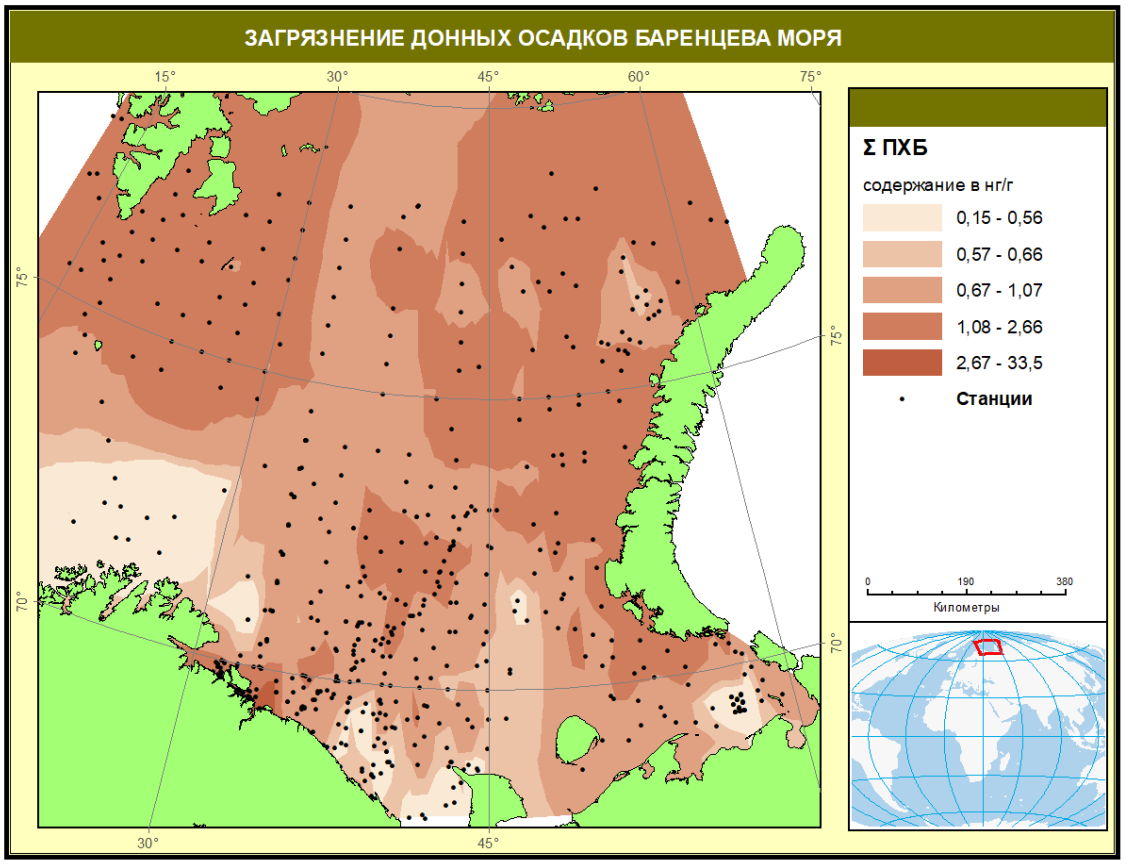

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
Σ н-парафинов
содержание в мкг/г
0,14 - 1,3
1,4 - 7,1
7,2 - 36,2
36,3 - 183
184 - 927
928 - 4680
Станции
0
190
380
Километры


ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
Σ ДДТ
содержание в нг/г
0,11 - 0,44
0,45 - 0,59
0,6 - 0,92
0,93 - 1,71
1,72 - 8,06
Станции
0
190
380
Километры


ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
ГХБ
содержание в нг/г
0,01 - 0,07
0,08 - 0,12
0,13 - 0,26
0,27 - 0,61
0,62 - 1,55
Станции
0
190
380
Километры


ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
15°
30°
45°
60°
75°
75°
70°
Σ ГХЦГ
содержание в нг/г
0,1 - 0,42
0,43 - 0,67
0,68 - 1,75
1,76 - 6,28
6,29 - 25,4
Станции
0
190
380
Километры


ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
15°
30°
45°
60°
75°
70°
Σ хлорданов
содержание в нг/г
0 - 0,03
0,04 - 0,11
0,12 - 0,33
0,34 - 0,9
0,91 - 2,41
2,42 - 6,39
Станции
0
190
380
Километры


ЗАГРЯЗНЕНИЕ ДОННЫХ ОСАДКОВ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
15°
30°
45°
60°
75°
70°
Σ ПХБ
содержание в нг/г
0,15 - 0,56
0,57 - 0,66
0,67 - 1,07
1,08 - 2,66
2,67 - 33,5
Станции
0
190
380
Километры

Карты превышения фоновых уровней тяжелых металлов

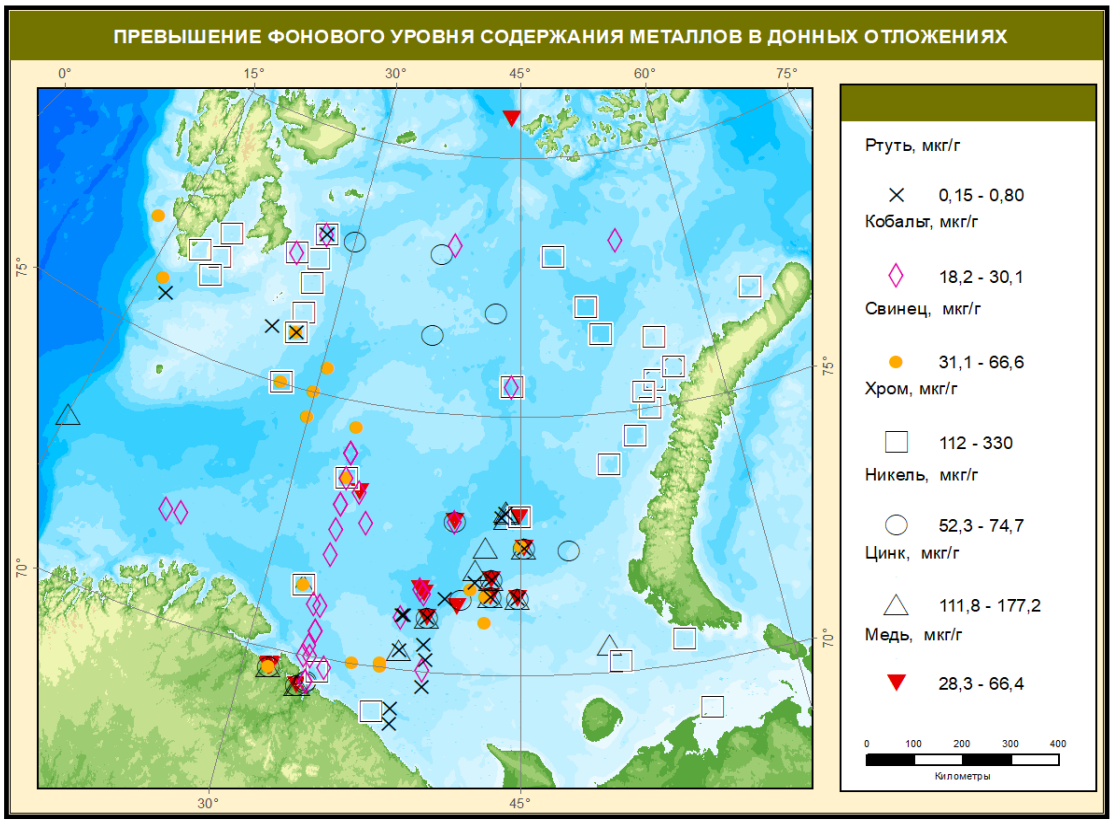
При анализе уровня содержания микроэлементов в донных отложениях Баренцева моря, включая так называемые тяжелые металлы (ТМ), важно отделить антропогенную составляющую от фоновых значений. До определенного уровня содержание ТМ в морских донных отложениях представляет собой глобальный и региональный фон и не может служить показателем техногенного загрязнения. Под загрязнением мы понимаем содержание ТМ в донных отложениях, превышающее региональный фон. В целях отражения на картах Баренцева моря распределения ТМ в количествах, характеризующих собственно техногенное загрязнение, применяли вычисленные ранее фоновые значения (Новиков, 2017). В качестве фонового уровня использован непараметрический критерий 97 процентиля, не накладывающий ограничения на тип распределения случайной величины, в данном случае содержания металлов в донных отложениях Баренцева моря. На представленных ниже картах значками показаны станции, где содержание ТМ в осадках превышает установленные фоновые уровни: для Hg – 0,15 мкг/г, Pb – 31,1 мкг/г, Cr – 116 мкг/г, Ni – 52,3 мкг/г, Zn – 111,8 мкг/г, Cu – 28,3 мкг/г, Co – 18,2 мкг/г сухой массы.

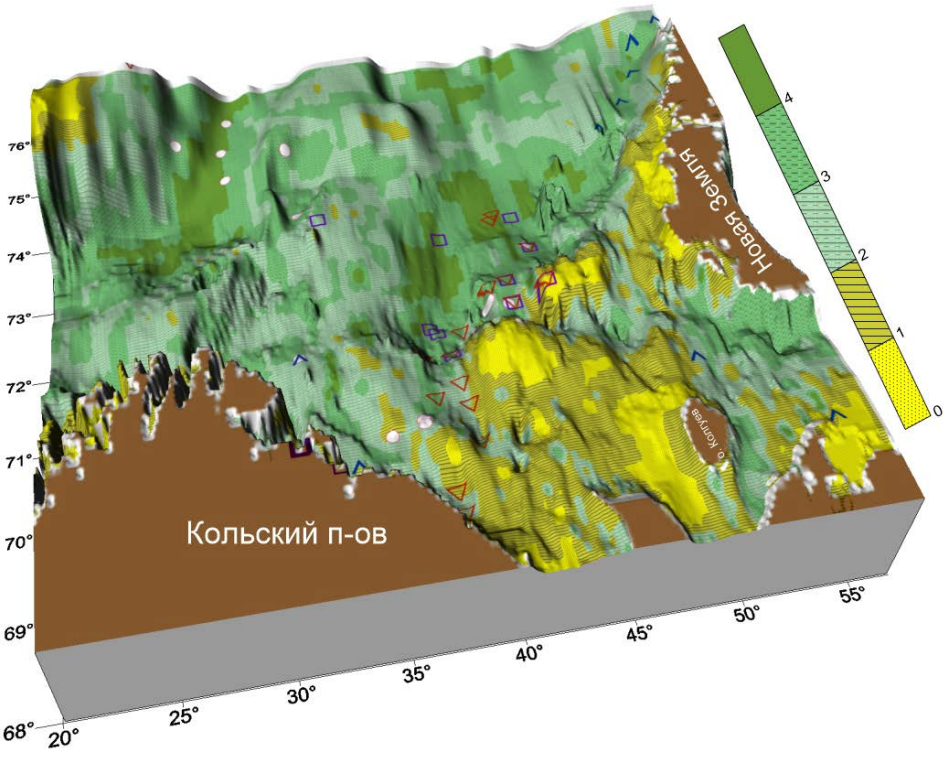
При анализе проблематики загрязнения окружающей среды в Арктике большое значение имеет выявление мест его депонирования как конечных пунктов миграции от природных и техногенных источников. В целях выявления районов комплексного загрязнения донных отложений мы предприняли попытку суммирования данных о содержании ТМ. Для этого предварительно было произведено нормирование фактических значений содержания Pb, Cr, Ni, Zn, Cu по среднему арифметическому значению для каждого металла согласно разработанному нами методическому подходу (Новиков, 2020). Данная процедура позволила получить значение суммы нормированных содержаний ТМ для каждой исследованной станции. Если ни одно из слагаемых в сумме нормированных значений ТМ не превышало 1, то вся сумма принималась за ноль.

Участки накопления загрязнения, в частности ТМ, в донных отложениях Баренцева моря, как показано ранее (Новиков, Жилин, 2016; Новиков, 2018), связаны как с типом осадка, так и с рельефом дна. Последний во многом определяет гидродинамику Баренцева моря, а следовательно, и принос загрязнения течениями со взвешенным веществом.

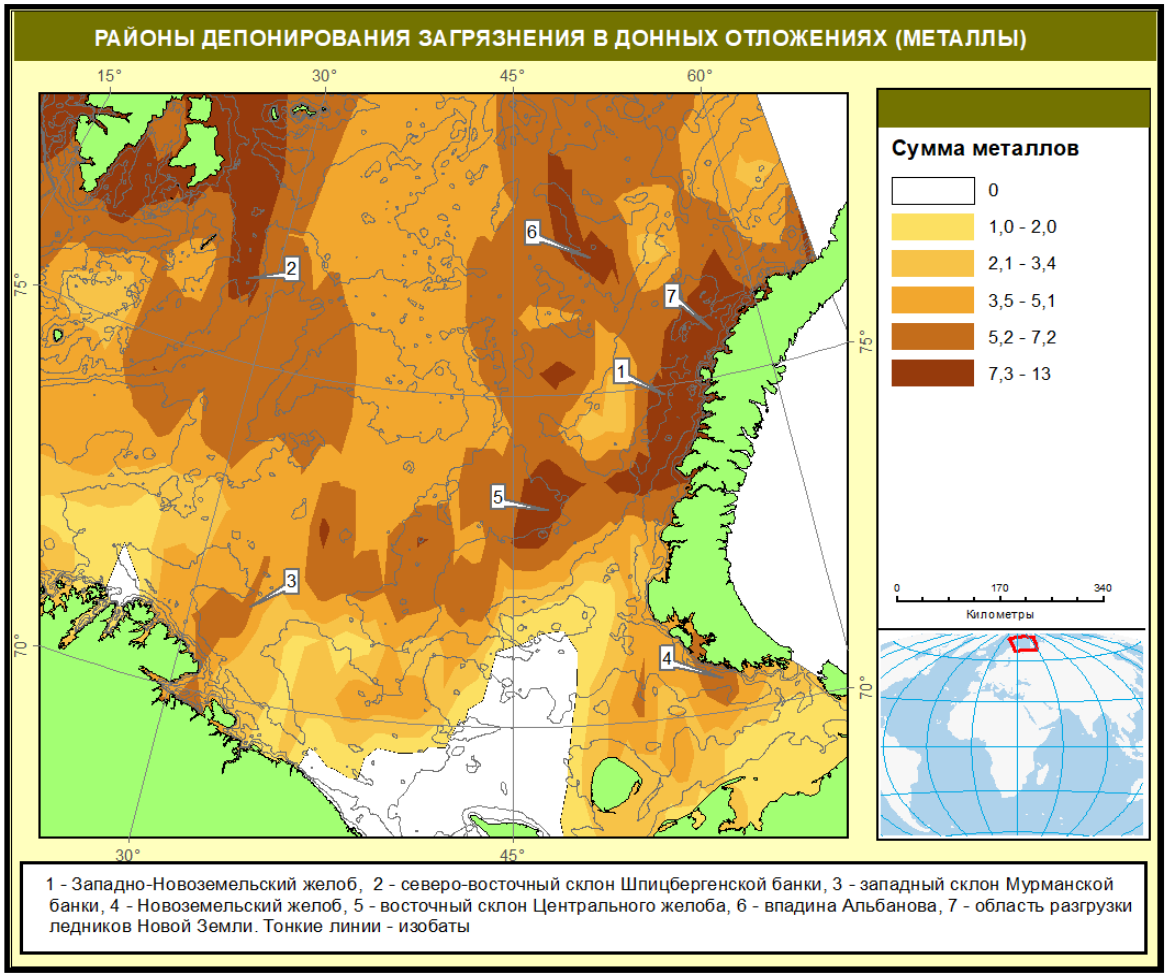
Ниже приводятся соответствующие карты:

– превышение фоновых уровней содержания Hg, Co, Pb, Cr, Ni, Zn, Cu в мкг/г сухой массы осадка;
– блок-диаграмма рельефа дна Баренцева моря и гранулометрического состава донных отложений с указанием мест загрязнения некоторыми тяжелыми металлами (превышение уровня фона) (из: Новиков, 2018);
– районы депонирования загрязнения в донных отложениях Баренцева моря (сумма нормированных значений Pb, Cr, Ni, Zn, Cu).





Распространение загрязнения Pb (кружки), Hg (треугольники), Cu (квадраты) и Cr (стрелки) на блок-диаграмме рельефа дна Баренцева моря, совмещенной с картой гранулометрического состава донных отложений. Типы грунтов на шкале: 0 – песок; 1 – илистый песок; 2 – песчанистый ил; 3 – ил; 4 – глинистый ил и глина



На представленных картах хорошо прослеживаются районы устойчиво высоких содержаний ТМ в донных отложениях – загрязненные станции. Расположение упомянутых районов позволяет сделать некоторые общие заключения о картине загрязнения вод Баренцева моря. Так, в южной части Баренцева моря хорошо прослеживается загрязнение осадков прибрежной зоны Кольского п-ова. Cu, Ni, Zn и Pb в относительно больших количествах регулярно отмечаются в донных осадках узкой прибрежной зоны Западного Мурмана. Последнее свидетельствует об их поступлении в море с материковым стоком, в том числе и с территорий, подверженных загрязнению стоками и выбросами предприятий горно-обогатительного комбината «Печенганикель», расположенного в северо-западной части Кольского п-ова (Новиков, Жилин, 2016).

Загрязнение юго-восточной части Баренцева моря относительно невелико. Вероятно, это локальное импактное загрязнение, связанное с судоходством и стоком реки Печоры (Новиков, 2018; Новиков, Титов, Жилин, 2019).

Значения содержания ТМ в осадках фронтальной зоны в основном превышают показатели, характерные для всего Баренцева моря. Прежде всего это относится к содержанию Ni, Cr, Pb и Zn. Для первых трех металлов выше не только средние значения, но и уровень 97 процентиля, что позволяет говорить о выявлении здесь положительных локальных геохимических аномалий (Новиков, Драганов, 2018).

Антропогенный мусор

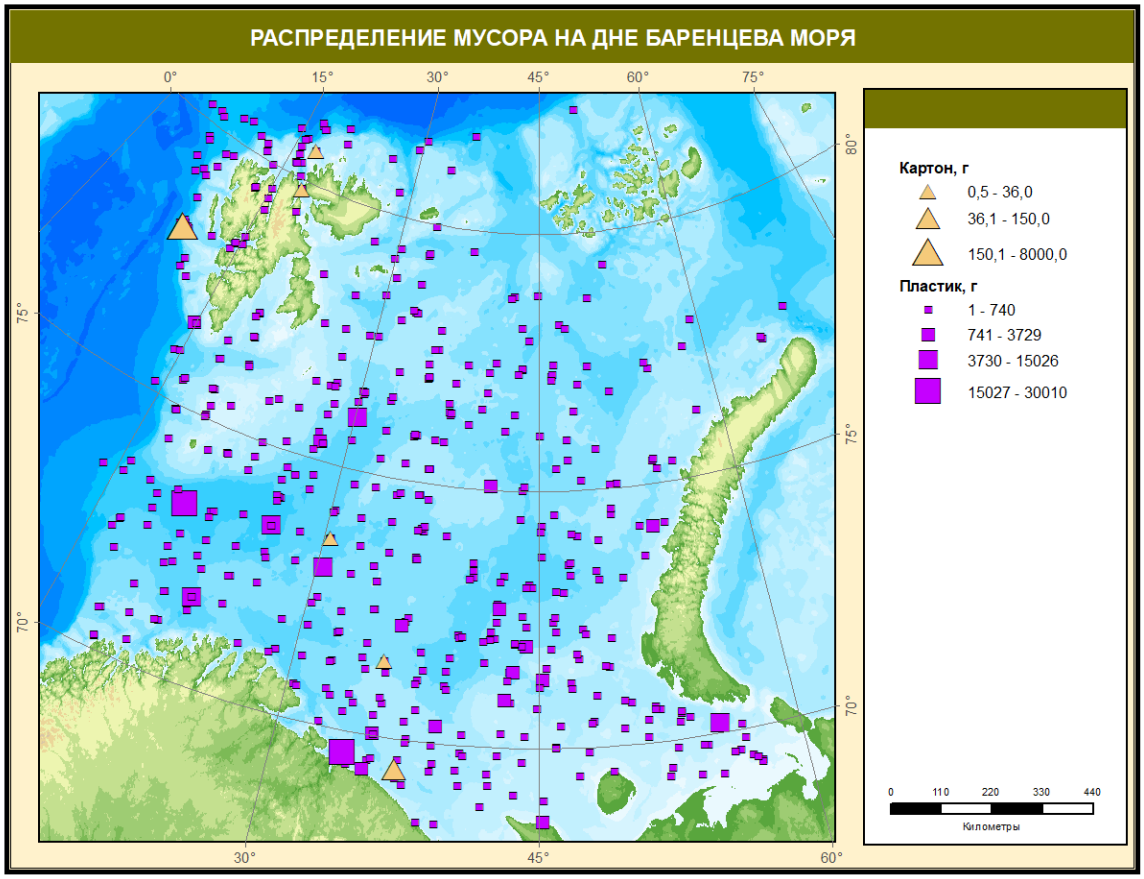
В последние годы проблема морского антропогенного мусора рассматривается как реальная угроза жизнедеятельности морских животных и нормальному функционированию экосистем. Морской мусор определяется как любой изготовленный или обработанный, стойкий к разложению твердый материал, утерянный, выброшенный или оставшийся не утилизированным в окружающей среде. Наблюдаемый в море мусор в основном представляет собой пластиковую посуду, другие емкости, синтетические и стальные волокна (ваеры, тросы, рыбацкие сети, ловушки, леску), прочие изделия из пластика, бумаги (картона) и резины различного назначения, стройматериалы, бревна, обломки деревянных и металлических конструкций, бытовую технику, механизмы, включая затонувшие суда, их детали и многое другое (Состав и распределение..., 2021). Предметы, изготовленные из пластика (макропластик), неизменно входят в число наиболее распространенных видов морского мусора (OSPAR, 2007; UNEP, 2009). В 2015 г. в мире было произведено 322 млн т пластика, в дополнение к 61 млн т синтетического волокна (Lusher, Hollman, Mendoza-Hill, 2017). Было подсчитано, что только в 2010 г. в Мировой океан поступило от 4,8 до 12,7 млн т пластмассовых отходов (Plastic waste inputs..., 2015).

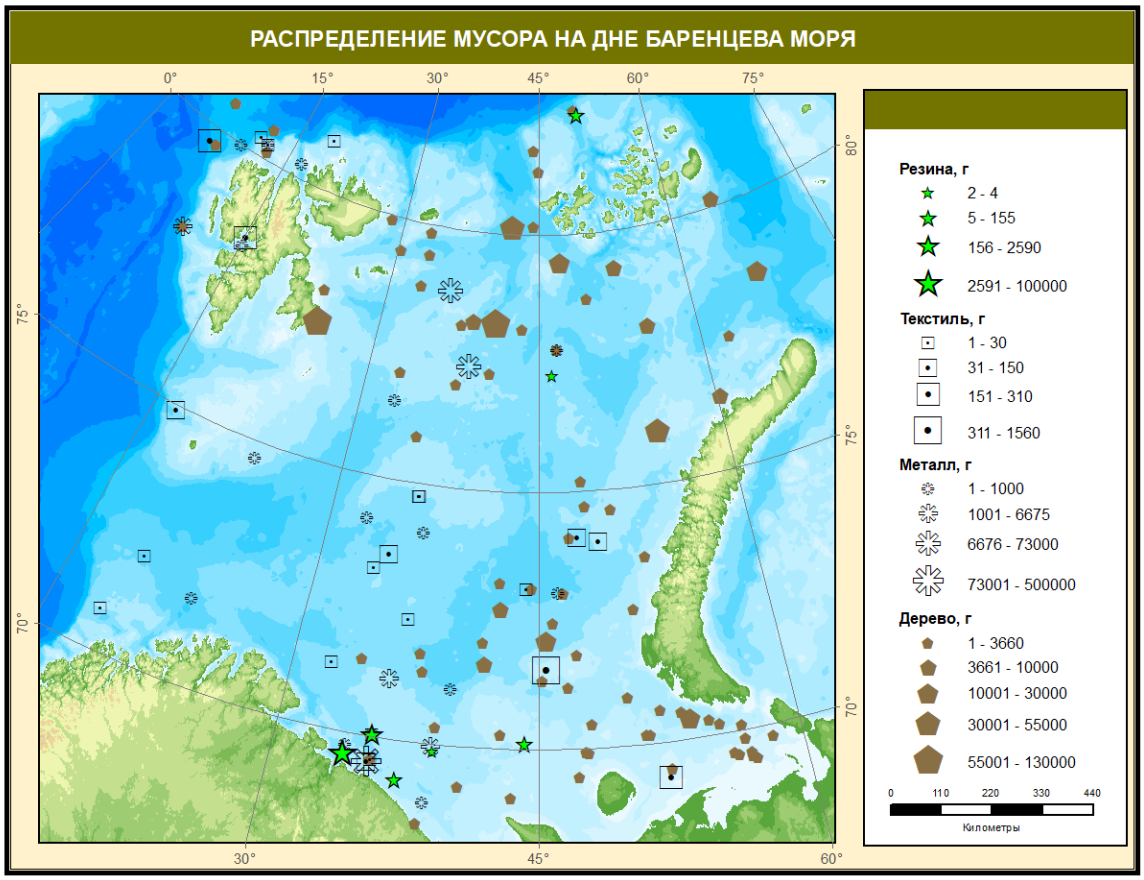
Основными источниками морского мусора в арктических морях являются терригенный сток, включая смыв с побережий, отходы морской деятельности, такой как рыболовство, судоходство, разведка и добыча нефти и газа на шельфе, туризм. Терригенный сток в частности предполагает дальний трансграничный перенос мусора морскими течениями и дрейфующим льдом. Пластик, как и другой плавающий морской мусор, может переноситься течениями вдоль побережья и в открытом море. Плотность населения и интенсивность морской деятельности оказывают прямое влияние на объем сбрасываемого в моря мусора (Состав и распределение..., 2021; Plastic waste inputs..., 2015; Assessment of Marine Litter..., 2018; Composition and Distribution…, 2021). Распространенность морского мусора и его способность причинять вред экосистемам привели к тому, что он был признан глобальной проблемой (A horizon scan of global..., 2010; STAP, 2011) и включен в список основных угроз биоразнообразию морей (Gray, 1997).

Известно, что в море попадает примерно в 100 раз больше пластика, чем плавает на его поверхности, несмотря на плавучесть и долговечность многих полимеров. Обрастание мусора гидробионтами является одним из весьма вероятных механизмов, ответственных за его погружение на дно (Fazey, Ryan, 2016).

Сведения о распределении и количестве морского мусора вблизи дна, представленные в настоящем атласе, основаны на результатах 1477 донных тралений в 2012-2018 гг. с использованием стандартного донного трала «Campelen 1800» с раскрытием 15×6 м и с размером ячеи мешка 22 мм. Трал был оснащен грунтропом типа «рокхопер». Стандартная продолжительность траления составляла 15 минут при скорости 3-3,5 узла. Подробнее с методикой и анализом полученных результатов можно ознакомиться в нашей публикации (Состав и распределение..., 2021; Composition and Distribution…, 2021).

Ниже приводятся карты распределения массы пластика (включая синтетическое волокно), картона, древесины, текстиля, металла и резины на дне Баренцева моря.


РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МУСОРА НА ДНЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
80°
75°
70°
Картон, г
0,5 - 36,0
36,1 - 150,0
150,1 - 8000,0
Пластик, г
1 - 740
741 - 3729
3730 - 15026
15027 - 30010
0
110
220
330
440
Километры


РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МУСОРА НА ДНЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ
0°
15°
30°
45°
60°
75°
80°
75°
70°
Резина, г
2 - 4
5 - 155
156 - 2590
2591 - 100000
Текстиль, г
1 - 30
31 - 150
151 - 310
311 - 1560
Металл, г
1 - 1000
1001 - 6675
6676 - 73000
73001 - 500000
Дерево, г
1 - 3660
3661 - 10000
10001 - 30000
30001 - 55000
55001 - 130000
0
110
220
330
440
Километры

Список использованной литературы

Алексеева, Т.Н. Гранулометрический состав поверхностного слоя донных осадков Баренцева моря // Т.Н. Алексеева, Н.В. Политова, Н.В. Козина. – Океанология. – 2020. – Т. 60, № 6. – С. 915-929.

Арктический шельф Евразии в позднечетвертичное время / А.А. Аксенов, Н.Н. Дунаев, А.С. Ионин и др. – М.: Наука, 1987. – 278 с.

Атлас океанов. Северный Ледовитый океан / Отв. ред. С.Г. Горшков. – ВМФ СССР, 1980. – 184 с.

Беляев, Н.А. Органический углерод верхнего слоя донных осадков западной части Карского моря / Н.А. Беляев, М.С. Поняев, В.И. Пересыпкин // Геология морей и океанов: Материалы XVIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. – М.: ГЕОС, 2009. – Т. IV. – С. 17-20.

Ветров, А.А. Межгодовая изменчивость первичной продукции и потоков органического углерода в Арктических морях России / А.А. Ветров, Е.А. Романкевич // Океанология. – 2008. – Т. 48, № 3. – С. 371-380.

Виноградов, А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры / А.П. Виноградов // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555-571.

Виноградов, А.П. Введение в геохимию океана / А.П. Виноградов; Ин-т геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского. – М.: Наука, 1967. – 215 с.

Воды Баренцева моря: структура, циркуляция, изменчивость / В.К. Ожигин, В.А. Ившин, А.Г. Трофимов, А.Л. Карсаков, М.Ю. Анциферов; ПИНРО. – Мурманск: ПИНРО, 2016. – 260 с.

Войнар, А.О. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека / А.О. Войнар. – М.: Советская наука, 1953. – 494 с.

Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. В 3-х томах. Том I. Органические вещества / Под ред. Н.В. Лазарева и Э.Н. Левиной. – Л.: Химия, 1976. – 592 с.

Газогеохимические аномалии в осадках Восточно-Сибирского моря / Р.Б. Шакиров, А.В. Сорочинская, А.И. Обжиров // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2013. – № 1. – Вып. 21. – С. 98-110.

Газогеохимические показатели донных отложений северной части Восточно-Сибирского моря и котловины Подводников Северного Ледовитого океана / А.И. Гресов, В.И. Сергиенко, А.В. Яцук, Н.В. Зарубина, В.В. Калинчук // Доклады РАН. Науки о Земле. – 2020. – Т. 492, № 1. – С. 113-117.

Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т.1. Баренцево море. – Вып. 1. Гидрометеорологические условия. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 280 с.

Горшкова, Т.И. Биогеохимия современных морских осадков и их биологическое значение / Т.И. Горшкова // Тр./ ВНИРО. – 1974. – Т. 98. – С. 135-144.

Диагностический анализ состояния окружающей среды Арктической зоны Российской Федерации (Расширенное резюме) / Отв. ред. Б.А. Моргунов. – М.: Научный мир, 2011. – 200 с.

Добровольский, В.В. Основы биогеохимии / В.В. Добровольский. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 400 с.

Добровольский, А.Д. Моря СССР (природа, хозяйство) / А.Д. Добровольский, Б.С. Залогин. – М.: Мысль, 1965. – 351 с.

Драганов, Д.М. Атлас загрязнения водных масс Баренцева моря / Д.М. Драганов, М.А. Новиков; Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича). – Мурманск: ПИНРО им. Н.М. Книповича, 2020. – 276 с.

Другов, Ю.С. Анализ загрязненной воды: практическое руководство / Ю.С. Другов, А.А. Родин. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 678 с.

Жилин, А.Ю. Состав, источники и токсикологический потенциал ПАУ в донных осадках Кольского залива Баренцева моря // А.Ю. Жилин, Н.Ф. Плотицына // Известия ТИНРО. – 2009. – Т. 156. – С. 247-253.

Занавескин, Л.Н. Полихлорбифенилы: проблемы загрязнения окружающей среды и технологические методы обезвреживания / Л.Н. Занавескин, В.А. Аверьянов // Успехи химии. – 1998. – Т. 67, № 8. – С. 788-800.

Запевалов, М.А. Мониторинг стойких органических загрязнителей – объективный и независимый инструмент оценки эффективности Стокгольмской конвенции о СОЗ (2001) / М.А. Запевалов // Химическая безопасность. – 2018. – Т. 2, № 2. – С. 295-307.

Зинченко, А.Г. Геоморфологическая основа комплексных ландшафтно-геоэкологических исследований Баренцева моря / А.Г. Зинченко // Опыт системных океанологических исследований в Арктике. – М.: Научный мир, 2001. – С. 476-481.

Иванов, В.С. Роль промышленных предприятий в формировании загрязнения почвенного покрова кобальтом, медью, свинцом / В.С. Иванов, О.А. Черкасова // Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2011. – Т. 10, № 3. – С. 143-150.

Ившин, В.А. Изменчивость термических фронтальных зон Баренцева моря за период 1960-2018 гг. / В.А. Ившин, А.Г. Трофимов, О.В. Титов // Труды ВНИРО. – 2020. – Т. 180. – С. 60-71.

Израэль, Ю.А. Антропогенная экология океана / Ю.А. Израэль, А.В. Цыбань. – М.: Флинта, 2009. – 532 с.

Ильин, Г.В. Распространение загрязняющих веществ в шельфовых морях Российской Арктики / Г.В. Ильин // Геология и геоэкология континентальных окраин Евразии. – М.: ГЕОС, 2009. – Вып. 1. – С. 124-163.

Ильин, Г.В. Формирование антропогенного загрязнения и экосистемное здоровье морей Российской Арктики / Г.В. Ильин, Д.Г. Матишов, Н.Е. Касаткина // Комплексные исследования больших морских экосистем России. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2011. – С. 277-325.

Ильницкий, А.П. О канцерогенном полициклическом ароматическом углеводороде бенз(*а*)пирене в выбросах вулканов / А.П. Ильницкий, А.А. Белицкий, Л.М. Шабад // ДАН СССР. – 1975. – Т. 225, Вып. 1. – С. 214-216.

Кленова, М.В. Отчет о работе комиссии по механическому анализу при Государственном океанографическом институте / М.В. Кленова // Бюлл. ГОИНа. – 1931. – Вып. 1. – 8 с.

Кленова, М.В. / М.В. Кленова. – Геология Баренцова моря. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 367 с.

Клюев, Н.А. Определение полихлорированных бифенилов в окружающей среде и биоте / Н.А. Клюев, Е.С. Бродский // Полихлорированные бифенилы. Супертоксиканты XXI века. – Инф. выпуск № 5 ВИНИТИ. – Москва, 2000. – С. 31-63.

Колесников, В.В. Компьютерное картографирование донных отложений Баренцева моря / В.В. Колесников, М.А. Новиков // Рациональное использование прибрежной зоны северных морей: Материалы VI-VII межд. семинаров. – СПб.: Изд-во РГГМУ, 2004. – Ч. 2. – С. 53-62.

Кольский залив: освоение и рациональное использование / [Отв. ред. Г.Г. Матишов]; Мурм. мор. биол. ин-т КНЦ РАН. – М.; Наука, 2009. – 381 с.

Копылов, И.С. Влияние геодинамики и техногенеза на геоэкологические и инженерно-геологические процессы в районах нефтегазовых месторождений Восточной Сибири / И.С. Копылов // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3. – С. 374.

Лаптева, А.М. Микроэлементы в донных отложениях Баренцева моря на стандартном разрезе «Кольский меридиан» / А.М. Лаптева, Н.Ф. Плотицына // Вестник МГТУ. – 2017. – Т. 20, № 1/2. – С. 242-251.

Лисицын, А.П. Нерешенные проблемы океанологии Арктики / А.П. Лисицын // Опыт системных океанологических исследований в Арктике. – М.: Научный мир, 2001. – С.31-74.

Литохимическая типизация обстановок полярного осадконакопления (Чукотское море) методами многокомпонентного статистического анализа / А.С. Астахов, Ван Рудзян, К. Крэйн, М.В. Иванов, Айгуо Гао // Геохимия. – 2013. – № 4. – С. 303-325.

Лурье, Ю.Ю. Химический анализ производственных сточных вод / Ю.Ю. Лурье, А.И. Рыбникова. – М.: Химия, 1974. – 335 с.

Максимова, М.П. Сравнительная гидрохимия морей / М.П. Максимова // Новые идеи в океанологии. – М.: Наука, 2004. – С. 164-189.

Матишов, Г.Г. Рельеф, морфотектоника и основные черты развития шельфа Баренцева моря / Г.Г. Матишов // Океанология. – 1977. – Т. XVII, вып. 3. – С. 490-496.

Матишов, Г.Г. Батиметрическая карта Баренцева и западной части Карского морей / Г.Г. Матишов. – 1 : 2 500 000 (по широте 72° N). – Апатиты: КНЦ РАН, 1997. – 1 л.

Мельников, Н.Н. Химия и технология пестицидов / Н.Н. Мельников. – М.: Химия, 1974. – 768 с.

Микроэлементы в СССР. Вып. 16. Методические материалы. – Рига: Зинатне, 1974. – 79 с.

Мур, Дж. В. Тяжелые металлы в природных водах: контроль и оценка влияния / Пер. с англ. / Дж. В. Мур, С. Рамамурти. – М.: Мир, 1987. – 288 с.

Немировская, И.А. Углеводороды в океане (снег-лед-вода-взвесь-донные осадки) / И.А. Немировская. – М.: Научный мир. 2004. – 328 с.

Немировская, И.А. Углеводороды в воде взвесях, сестоне и донных осадках Белого моря в конце летнего периода / И.А. Немировская // Водные ресурсы. – 2009. – Т. 36, № 1. – С.68-79.

Новиков, М.А. Методология интегрированной оценки экологической уязвимости и рыбохозяйственной ценности морских акваторий (на примере Баренцева и Белого морей) / М.А. Новиков. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 2006. – 250 с.

Новиков, М.А. К вопросу о фоновых значениях уровней содержания тяжелых металлов в донных отложениях Баренцева моря / М.А. Новиков // Вестник МГТУ. – 2017. – Т. 20, № 1-2. – С. 280-288.

Новиков, М.А. Применение цифровой модели донных отложений Баренцева моря для анализа загрязнения / М.А. Новиков // Вестник Кольского научного центра РАН. – 2018. – № 3 (10). – С. 205-209.

Новиков, М.А. Области депонирования тяжелых металлов в донных отложениях Баренцева моря / М.А. Новиков // Глобальные проблемы Арктики и Антарктики [электронный ресурс]: сборник науч. материалов Всерос. конф. с междунар. участием, посвящен. 90-летию со дня рождения акад. Николая Павловича Лавёрова (2-5 ноября 2020 г., г. Архангельск). – Архангельск, 2020. – С. 537-541.

Новиков, М.А. Стойкие органические загрязнители в донных отложениях Баренцева моря / М.А. Новиков // Водные ресурсы. – 2021. – Т. 48, № 3. – С. 334-343.

Новиков, М.А. Характер распределения тяжелых металлов в донных отложениях Баренцева моря (по результатам статистического анализа) / М.А. Новиков, А.Ю. Жилин // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2016. – Вып. 29, № 1. – С. 78-88.

Новиков, М.А. Пространственное распределение показателей загрязнения водных масс Баренцева моря / М.А. Новиков, Д.М. Драганов // Водные ресурсы. – 2017. – Т. 44, № 5. – С.583-589.

Новиков, М.А. Загрязнение воды и донных отложений области Полярного фронта Баренцева моря тяжелыми металлами / М.А. Новиков, Д.М. Драганов // Вестник МГТУ. – 2018. – Т. 21, № 1. – С. 150-159.

Новиков, М.А. Содержание металлов в донных отложениях центральной части Печорского моря в современный период / М.А. Новиков, О.В. Титов, А.Ю. Жилин // Вестник МГТУ. – 2019. – Т. 22, № 1. – С. 188-198.

О дифференциации углеводородов нефтяного и биологического происхождения в морской воде методом газовой хроматографии / Б.А. Руденко, К.П. Федоров, Б.А. Виноградов, В.Ф. Белов // Тр./ ГОИН. – 1981. – Вып. 162. – С.87-93.

Ожигин, В.К. Водные массы Баренцева моря / В.К. Ожигин, В.А. Ившин. – Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1999. – 48 с.

Особенности распределения элементов-примесей и редкоземельных элементов в современных донных осадках нижнего течения р. Северной Двины и Белого моря / А.В. Маслов, В.П. Шевченко, В.Н. Подковыров, Ю.Л. Ронкин и др. // Литология и полезные ископаемые. – 2014. – № 6. – С. 463-492.

Петрова, В.И. Углеводородные молекулярные маркеры в позднекайнозойских донных отложениях арктического мегабассейна / В.И. Петрова // Геология морей и океанов: Материалы XVIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. – М.: ГЕОС, 2009. – Т. IV. – С. 128-132.

Посохов, Е.В. Гидрохимия / Е.В. Посохов. – Ростов: Изд-во Ростовского гос. ун-та, 1965. – С. 138.

Пташне, М. Переключение генов. Регуляция генной активности и фаг / М. Пташне. – М.: Мир, 1989. – 160 с.

Резников, А.А. Методы анализа природных вод / А.А. Резников, Е.П. Муликовская, И.Ю. Соколов. – М.: Недра, 1970. – 488 с.

Ровинский, Ф.Я. Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов / Ф.Я. Ровинский, Т.А. Теплицкая, Т.А. Алексеева. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 224 с.

Розанов, А.Г. Марганец и другие окислители органического вещества донных отложений Белого моря // А.Г. Розанов // Геология морей и океанов: Материалы XVIII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. – М.: ГЕОС, 2009. – Т. IV. – С. 139-143.

Романкевич, Е.А. Цикл углерода в арктических морях России / Е.А. Романкевич, А.А. Ветров. – М.: Наука, 2001. – 302 с.

Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А.Д. Семенова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 541 с.

Состав и распределение морского антропогенного мусора на акватории Баренцева моря / М.А. Новиков, Е.А. Горбачева, Т.А. Прохорова, М.Н. Харламова // Океанология. – 2021. – № 1. – С. 56-66.

Сперанская, А.А. Пограничные слои в геофизической гидродинамике: автореф. дис. … д-ра физ.-мат. наук : 01.04.12. – М., 1982. – 45 с.

Федоров, К.Н. Физическая природа и структура океанических фронтов / К.Н. Федоров. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 96 с.

Харин, Г.С. Каменный материал на дне полярных морей: распределение, состав, генезис / Г.С. Харин, Д.В. Ерошенко // – Океанология. – 2020. – Т. 60, № 6. – С. 954-969.

Химия окружающей среды / Под ред. Дж. О.М. Бокриса. – М.: Химия, 1982. – 672 с.

Чертко, Н.К. Геохимия и экология химических элементов: Справочное пособие / Н.К. Чертко, Э.Н. Чертко. – Мн.: Издательский центр БГУ, 2008. – С. 140

Чибисова, Н.В. Экологическая химия: Учебное пособие / Н.В. Чибисова, Е.К. Долгань. – Калининград: Калининградский ун-т, 1998. – 113 с.

Экосогласие. Центр по проблемам окружающей среды и устойчивого развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ecoaccord.org/pop/2003/0106.htm. – Загл. с экрана. – Рус. (дата обращения: 07.03.2020)

Эмсли, Дж. Элементы: Справочник / Дж. Эмсли. – М. Мир, 1993. – 256 с.

Ященко, И.Г. Тяжелые нефти России, обогащенные токсоопасными металлами / И.Г. Ященко // Информационно-вычислительные технологии в решении фундаментальных проблем и прикладных научных задач. Сессия ИВТН-2011 (Сборник материалов). – М.: НВК «ВИСТ», 2011. – С. 41.

A horizon scan of global conservation issues for 2010 / W.J. Sutherland, M. Clout, I.M. Côté et al. // Trends Ecol. Evol. – 2010. – V. 25. – P. 1-7.

Abel, P.D. Water Pollution Biology / P.D. Abel. – London: Taylor & Francis Ltd, 1996. – 286 p.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). Toxicological profile for chlordane. – Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. – May 1994 (CAS#: 12789-03-6). – 6 p.

AMAP Assessment 2002: Heavy Metals in the Arctic. Oslo: Arctic Monitoring and Assessment programme (AMAP), 2005. – 265 p.

AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme). AMAP Assessment 2002: Persistent organic pollution in the Arctic. – Oslo: AMAP, 2007. – 57 p.

Assessment of Marine Litter in the Barents Sea, a Part of the Joint Norwegian-Russian Ecosystem Survey / B.E. Grøsvik, T. Prokhorova, E. Eriksen, P. Krivosheya et al. // Front. Mar. Sci. – 2018. – V. 5:72. – 11 p.

Becker, L. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Antarctic Martian meteorites, carbonaceous chondrites, and polar ice / L. Becker, D.P. Glavin, J.L. Bada // Geochim Cosmochim Acta. – 1997. – V. 61(2). – P. 475-481.

Clark, R.B. Marine pollution. Fifth edition / R.B. Clark. – Oxford University Press, USA, 2011. – 230 p.

Composition and Distribution of Marine Anthropogenic Litter in the Barents Sea / M.A. Novikov, E.A. Gorbacheva, T.A. Prokhorova, M.N. Kharlamova // Oceanology. – 2021. – Vol. 61, No.1. – Pp. 48–57.

Cripps, G.C. Baseline level of hydrocarbons in seawater of the Southern Ocean. Natural Variability and regional patterns / G.C. Cripps // Mar. Poll. Bull. – 1995. – Vol. 30, No. 2. – P. 133-145.

Fazey, F.M.C. Biofouling on buoyant marine plastics: an experimental study into the effect of size on surface longevity / F.M.C. Fazey, P.G. Ryan // Environ. Pollut. – 2016. – V. 210. – P. 354-360.

GISLAB. Географические информационные системы и дистанционное зондирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://gis-lab.info/qa/etopo2.html. – Загл. с экрана. – Рус. (дата обращения: 07.03.2020).

Gray, J. Marine biodiversity: patterns, threats and conservation needs / J. Gray // Biodivers. Conserv. – 1997. – V. 6. Is. 1. – P. 153-175.

Jambeck, J. R. Plastic waste inputs from land into the ocean / J.R. Jambeck , R. Geyer , C. Wilcox et al. // Science. – 2015. – V. 347. – P. 768-771.

Jmol colors [Electronic resource]. – Режим доступа: http://jmol.sourceforge.net/jscolors/#JavaScript%20colors. – Загл. с экрана. – Англ. (дата обращения: 07.03.2020).

Lusher, A.L. Microplastics in Fisheries and Aquaculture: Status of Knowledge on Their Occurrence and Implications for Aquatic Organisms and Food Safety / A.L. Lusher, P.C.H. Hollman, J.J. Mendoza-Hill // FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. – 2017. – No. 615. – 147 p.

OSPAR Pilot Project on Monitoring Marine Beach Litter: Monitoring of marine litter on beaches in the OSPAR region // OSPAR Commission. – London, 2007. – 75 p.

STAP Marine Debris as a Global Environmental Problem: Introducing a solutions based Framework Focused on Plastic // A STAP Information Document Global Environment Facility. – Washington, 2011. – 40 p.

UNEP (2002). Central and North East Asia Regional Report, Regionally Based Assessment of Persistent Toxic Substances / Ming H. WONG (ed.). – Geneva, 2003. – 115 p.

UNEP Marine Litter: A Global Challenge. – UNEP, Nairobi, 2009. – 232 p.

Благодарности

Авторы выражают признательность и благодарность настоящим и бывшим сотрудникам лаборатории химико-аналитический исследований, ранее рыбохозяйственной экологии (еще ранее прикладной экологии и токсикологии) Полярного филиала А.М. Лаптевой, Н.Ф. Плотицыной, Т.А. Зимовейсковой, Л.И. Киреевой, Т.Н. Шаляпиной, В.П. Разинкову, И.П. Косаревич, У.П. Багрянцевой и А.М. Бондарь за работу по химическому анализу проб донных отложений, результаты которой положены в основу атласа загрязнений Баренцева моря.

Большое спасибо всем сотрудникам, принимавшим участие в многочисленных научно-исследовательских экспедициях в Баренцевом море, благодаря самоотверженному труду которых были отобраны пробы донных отложений для химико-аналитических исследований.

Авторы также выражают признательность начальнику центра экологического мониторинга Полярного филиала А.Ю. Жилину за моральную и консультативную поддержку, создание условий, необходимых для успешной подготовки настоящего атласа к печати.

Кроме того, авторы благодарят Юрия Алексеевича Зуева за замечательные оригинальные фото дна Баренцева моря, использованные при оформлении обложки атласа.